

# ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ

ПО СПОСОБУ СИМЕНСА-МАРТЕНА.

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ДЛЯ ВЕДЕНИЯ  
МАРТЕНОВСКИХЪ ПЕЧЕЙ.

СОСТАВИЛЪ

С. СОВИНСКІЙ

ГОРНЫЙ ИНЖЕНЕРЪ.

Второе дополненное и исправленное изданіе.

СЪ 107 РИСУНКАМИ ВЪ ТЕКСТЪ.

и 111 таблицами.

ИЗДАНИЕ АВТОРА



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

„Центральная“ типо-литографія М. Я. Минкова, 3-я Рождественская, 7.  
1899.

КНИЖНЫЙ МАГАЗИНЪ  
Т-ва ПОСРЕДНИКЪ  
В. С. Сав. С. Петербургъ.

Его Превосходительству  
Господину  
Горному Инженеру,  
Тайному Совѣтнику  
**Константину Аполлоновичу**  
***Скальковскому***

посвящаетъ

Авторъ.

## Предисловіе.

---

II-ое изданіе «Производства стали» измѣнено и дополнено сообразно успѣхамъ металлургіи за послѣдніе годы, которые значительно измѣнили взгляды, какъ на составъ стали, такъ и на ея приготовленія. Нѣкоторыя примѣсы, которыя нѣсколько лѣтъ тому назадъ умышленно вводились въ сталь ради облегченія ея производства, въ настоящее время признаны безусловно вредными и предложено много способовъ для ихъ исключенія. Иностранная техническая литература послѣднихъ лѣтъ особенно богата данными по успѣхамъ металлургіи стали, часть которыхъ собрана и помѣщена въ настоящемъ изданіи, что вызвало введеніе новаго отдѣла и нѣсколькихъ главъ въ старыхъ отдѣлахъ. Нѣкоторыя главы I-го изданія не отвѣчаютъ современному положенію стального дѣла за границей и не пропущены лишь только потому, что развитіе нашего стального производства далеко не отвѣчаетъ всѣмъ его успѣхамъ и усовершенствованіямъ послѣднихъ лѣтъ.

Отсталость эта отчасти зависитъ отъ недостатка въ нашей технической литературѣ всякихъ указаній объ успѣхахъ нашего стального производства, которые обыкновенно считаются достояніемъ отдѣльныхъ заводовъ и не допускаются къ печати; очевидно, что при такихъ условіяхъ успѣхи не могутъ быть значительны.

Долго слабымъ мѣстомъ стального производства вообще было нерациональное устройство генераторовъ, но въ настоящее время имѣется нѣсколько новыхъ, совершенныхъ типовъ генераторовъ, которые за границею вытѣсняють старые, но у насъ старинные генераторы Сименса еще очень распространены. Кажется въ лучшихъ условіяхъ находятся наши печи, срокъ службы которыхъ въ настоящее время

удвоился въ сравненіи съ тѣмъ, какой имѣлъ мѣсто нѣсколько лѣтъ тому назадъ.

Большимъ недостаткомъ производства было неясное опредѣленіе вліянія примѣсей на свойства стали, но въ настоящее время въ этомъ отношеніи собрано такъ много научныхъ опытовъ и фактовъ, что извлеченіе изъ нихъ помѣщено въ особомъ отдѣлѣ, въ V. Порядокъ четырехъ первыхъ отдѣловъ измѣненъ въ сравненіи съ I изданіемъ: въ I и II отдѣлахъ помѣщено описаніе производства генераторнаго газа и устройство печей, а въ III и IV собственно производство стали кислой и основной.

Самымъ большимъ недостаткомъ современныхъ маргеновскихъ печей является ихъ малый коэффициентъ полезнаго дѣйствія, около 15%, что въ значительной степени зависитъ отъ недостатка научныхъ, теоретическихъ данныхъ. Всѣ печи строятся по пропорціональнымъ чертежамъ, потому что нѣтъ никакихъ данныхъ для ихъ теоретическаго расчета. Книжка Тольда помимо предисловія, въ которомъ такъ много говорится о теоретическихъ расчетахъ печей, представляетъ лишь вычисленія, относящіяся къ тремъ частнымъ, практическимъ случаямъ, а никакого разъясненія теоріи печей не даетъ. Шведы практически давно увеличили коэффициентъ полезнаго дѣйствія своихъ печей, уменьшивъ по возможности лучеиспусканіе послѣднихъ. Новые генераторы даютъ газъ болѣе богатый горючими составными частями. Но всѣ эти практическія усовершенствованія даютъ возможность пользоваться лишь  $\frac{1}{4}$  ч. горючаго, между тѣмъ какъ  $\frac{3}{4}$  его теряются. Всѣ мирятся со столь крупною потерей, но врядъ-ли ее можно признать нормальной. Бѣ сожалѣнію наука въ данное время не можетъ помочь практикѣ.

*Авторъ.*

С.-Петербургъ

Апрѣля 5 дня 1899 г.

# ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловіе.  
Оглавленіе.

СТР.

V  
VII

## ОТДѢЛЪ I.

### Газъ.

#### ГЛАВА I. Теоретическая часть.

Единица теплоты.—Температура горѣнія.—Формула для вычисленія теоретической температуры горѣнія.—Выводы изъ нея.—Теплопроизводительная способность газовъ.—Диссоціація.—Полное и неполное горѣніе.—Условія для достиженія перваго.—Передача теплоты . . . . . 1

#### ГЛАВА II. Устройство генератора.

Топка.—Колосники.—Площадь ихъ.—Количество горючаго, сгорающаго въ 1 ч. на единицъ поверхности колосниковъ.—Зольникъ.—Засыпная коробка.—Колодцы.—Дверцы.—Бакъ.—Шейка.—Газопроводъ.—Расположеніе генераторовъ. . . . . 7

#### ГЛАВА III. Затапливаніе генератора и пускъ газа.

Просушиваніе и растопка генератора.—Засыпаніе угля.—Получающійся газъ.—Его признаки и составъ.—Пускъ газа въ газопроводъ и въ печь.—Пускъ газа въ печь, сообщающуюся съ другою въ ходу . . . . . 16

#### ГЛАВА IV. Генераторъ въ ходу и гашеніе его.

а) Прибавленіе горючаго. б) Шурованіе. в) Проламываніе колосниковъ. г) Перебѣна колосниковъ. д) Удаленіе золы. е) Чистка сажы.—Выжиганіе газа при остановкѣ печи. . . . . 19

#### ГЛАВА V. Усовершенствованные генераторы.

Генераторъ Блезингера. Шведскіе генераторы для дровъ съ конденсаторомъ Вилмана и Бергльнда. Печь для сушенія дровъ. Генераторъ Воткинскаго завода. Недостатки различныхъ генераторовъ. Генераторъ Тайлѣра. Приборъ Фише и Гертей. Генераторъ Зейллера видоизмѣненный Шмидгаммеромъ. Видоизмѣненіе Турнига. . . . . 23

## ГЛАВА VI. Составъ, свойства и условия образования генераторнаго газа.

стр.

Газъ изъ кокса и древеснаго угля.—Составъ его.—Возстановленіе углекислоты раскаленнымъ углемъ.—Вліяніе плотности угля и силы тяги на составъ газа.—Содерженіе окиси углерода въ газѣ въ зависимости отъ температуры и поверхности раскаленнаго угля.—Сухая перегонка и полученіе газа.—Составъ газа при горячемъ и холодномъ ходѣ генератора.—Температура его.—Вліяніе влажности горючаго на высоту температуры.—Количество воздуха и расходъ горючаго на единицу поверхности генератора.—Дутье.—Всасываніе воздуха паромъ.—Нагрѣтый воздухъ.—Вліяніе влажности воздуха на высоту температуры генератора.—Составъ газа при различныхъ количествахъ пара, приводимаго подъ колосники.—Теплопроизводительная способность газа, соотвѣтственно его составу.—Температура газа, выходящаго изъ генератора.—Охлажденіе газа въ газопродѣ.

37

## ГЛАВА VII. Водяной газъ.

Образованіе и составъ водяного газа. Таблица.—Сравненіе теплопроизводительной способности водяного и генераторнаго газа.—Затрата теплоты при разложеніи водяного пара углемъ съ образованіемъ окиси углерода или углекислоты.—Потеря теплоты.—Полученіе водяного газа.—Расходъ угля на водяной и генераторной газъ.—Различіе въ составѣ водяного газа соотвѣтственно времени вдунанія пара и воздуха. Собираніе газа въ газометръ и очистка его.—Связанное съ этимъ охлажденіе.—Устройство генератора.—Описаніе генераторовъ, показанныхъ на чертежахъ.—Горючее, соотвѣтственное для полученія водяного газа.—Пускъ въ ходъ генератора.—Время вдунанія воздуха и пара.—Количество горючаго, необходимое на единицу объема водяного газа.—Преимущества и недостатки водяного газа.—Вычисленіе теплопроизводительной способности водяного газа, примѣняемаго для мартеновскихъ печей.—Условія, при которыхъ выгоднѣе примѣнять водяной газъ, чѣмъ генераторный.

47

## ОТДѢЛЪ II.

## Печь.

Видоизмѣненія частей печи: свода, каналовъ, приводящихъ газъ и воздухъ, заводочныхъ оконъ и насадокъ.—Вѣстимость мартеновскихъ печей.—Шведскія печи.—Печи Шенвальдера.

65

## ГЛАВА I. Постройка печи.

Расположеніе печи въ выемкѣ грунта.—Литейная канава.—Наружныя поперечныя стѣны.—Камеры.—Каналы передъ печью и арки надъ ними.—Шлаковики, или уловители.—Своды камеръ и каналы въ нихъ.—Вертикальные газовые и воздушные каналы.—Устройство газовыхъ и воздушныхъ каналовъ передъ печью.—Своды надъ ними и устройство на нихъ площадки для аппаратовъ.—Настилка наклонной плоскости на сводахъ камеръ.—Столбы на наклонной плоскости.—Рельсы на нихъ.—Чугунныя, лодовыя доски.—Продолженіе вертикальныхъ каналовъ.—Холодильникъ изъ откосныхъ досокъ.—Установъ арматуры.—Швелерныя коробки.—Стойки чугунныя и рельсовыя.—Доски надъ порогомъ.—Порогъ.—Доска надъ среднимъ окномъ.—Чугунный и желѣзный кожухъ печи.—Скрѣпленіе стоекъ внизу и сверху.—Круглыя продольныя связи и поперечныя рельсовыя стойки.—Пружины на связяхъ сверху стоекъ.—Вертикальные каналы и столбы между ними.—Поворотъ каналовъ.—Арки надъ ними.—Паты арокъ изъ обтесанныхъ кирпичей.—Выступы арокъ на пятахъ свода.—Нижняя сторона каналовъ.—Разрѣзъ канала.—Нагрѣваніе камеръ регенераторовъ.—Установъ въ нихъ насадокъ.

71

## ГЛАВА II. О газовыхъ и воздушныхъ окошкахъ.

СТР.

Условія, которымъ должно отвѣчать устройство газовыхъ и воздушныхъ окошекъ.—Двѣ группы.—Старыя устройства I группы.—Переходъ отъ первой группы ко второй.—Вторая группа.—Печь Бато. . . . .

92

## ГЛАВА III. Устройство плавильнаго пространства печи съ кислую набойкою.

Постройка продольныхъ стѣнъ печи.—Задняя стѣна.—Толщина ея.—Промежутокъ для выпускной рамы.—Арка надъ нязь.—Окно.—Выносъ верхней части стѣны.—Передняя стѣна.—Окна: среднія и крайнія.—Притоки между ними.—Арки надъ окнами.—Пяты свода на передней стѣнѣ.—Укладываніе пода.—Его уклоны.—Устройство свода.—Кружала, ихъ расположеніе и размѣры.—Выносъ свода по длинѣ и по ширинѣ печи.—Кирпичъ, идущій на пяты свода и на замокъ его.—Осѣданіе свода.—Толщина его.—Укладка пода и свода безъ промазыванія глиною.—Укладка каналовъ; притираніе кирпичей и цементированіе ихъ глиною . . . . .

94

## ГЛАВА IV. Устройство плавильнаго пространства печи съ основною набойкою.

Примѣненіе кислыхъ и основныхъ кирпичей и раздѣленіе ихъ при помощи нейтральныхъ матеріаловъ.—Сводъ изъ кварцеваго кирпича.—Способы устройства пода и стѣнъ: а) изъ доломита; б) изъ хромистаго желѣзняка; в) изъ магнетитаго кирпича, осн. подъ въ Резичѣ; г) изъ магнетитаго порошка и д) изъ магнетитаго кирпича и хромистаго желѣзняка: а) I. набиваніе всей набойки пода изъ смѣси доломита со смолою.—Подкладка изъ кварцевыхъ кирпичей, отдѣленіе ихъ отъ доломита. II. Набиваніе нижней части стѣнъ изъ доломита и выкладываніе верхнихъ—изъ кварцеваго кирпича. б) Устройство всего плавильнаго пространства изъ кусковъ хромистаго желѣзняка и заполненіе щелей.—Набиваніе пода и стѣнъ изъ смѣси порошка со смолою.—Выкладываніе плавильнаго пространства изъ хромистыхъ кирпичей.—Ихъ приготовленіе.—в) Устройство пода и стѣнъ изъ магнетитаго кирпича, и свода изъ кварцеваго.—Укладка пода.—Цементы для магнетитаго кирпича.—Толщина слоя магнетитаго кирпича.—Навариваніе набойки изъ магнетитаго порошка въ смѣси съ основными шлакомъ.—Расходъ магнетита.—Сохраненіе магнетитовой набойки.—Сравненіе расходовъ на магнетитовую и доломитовую набойки.—Примѣненіе доломитовой набойки. г) Подъ и стѣны набивные изъ смѣси магнетитаго порошка со смолою.—Свойства смолы.—Крупность порошка.—Трамбованіе смѣси.—Навариваніе верхняго слоя набойки.—Набиваніе стѣнъ. д) Устройство пода изъ магнетитаго кирпича, стѣнъ изъ хромистаго желѣзняка, а свода изъ кварцеваго.—Устройство задней стѣны.—Уступы изъ кварцеваго кирпича.—Деревянная стѣнка.—Набиваніе порошокомъ всей стѣны.—Промежутокъ для выпускной рамы и арка надъ нимъ.—Выносъ задней стѣны.—Верхній слой изъ кварцеваго кирпича.—Поперечный разрѣзъ стѣны.—Устройство передней стѣны.—Кварцевые притоки.—Ихъ уклоны.—Арки надъ окнами.—Пяты свода печи.—Укладка пода изъ кварцеваго кирпича.—Слой магнетитаго, или хромистаго желѣзняка со смолою.—Магнетитовый кирпичъ.—Укладка его.—Устройство откосовъ.—Набойка на слой магнетитаго кирпича.—Набиваніе и навариваніе ея.—Набиваніе отверстія въ выпускной рамѣ. . . . .

101

## ГЛАВА V. Приборы.

Газовый и воздушный аппараты.—Расположеніе ихъ.—Приводы для подъема круглыхъ и эллиптическихъ клапановъ.—Дымовыя трубы.—Связи, скрѣпляющія печь.—Крышки.—Рычаги для подъема крышекъ.—Ковшъ и тележка. . . . .

115

## ГЛАВА VI. Завалочныя машины.

Завалочная машина Уэльменна и Ляухгаммерскаго Акціон. Общ.—Описание машины.—Дѣйствіе ея.—Завалочная машина Г. Эка.—Электрической кранъ Ленца. . . . .

стр.

121

## ГЛАВА VII. Матеріалы.

Кирпичи, идущіе для постройки печи: красный, огнеупорный изъ глины и шамота, кварцевый, магнезитовый и хромистый.—Приготовление и свойства ихъ.—Примѣненіе въ различныхъ частяхъ печи. Матеріалы для приготовления набойки; песокъ, доломитъ, магнезитовый порошокъ и хромистый желѣзнякъ. . . . .

128

## ОТДѢЛЪ III.

## Печь съ кислотою набойкою.

## ГЛАВА I. Пускъ печи въ ходъ.

Просушваніе печи дровами.—Продолжительность его.—Положеніе клапановъ и тяги.—Пускъ газа.—Признаки газа, годнаго для пуска.—Положеніе клапановъ при пускѣ газа.—Постепенное увеличеніе притока газа послѣ загоранія.—Первая перемѣна направленія газовъ.—Расширеніе свода отъ нагрѣванія. Отпусканіе пружинъ.—Наращиваніе новаго пода.—Его уклонъ.—Толщина слоя песку, насыпаемаго заразъ на подъ.—Разравниваніе песку.—Набиваніе выпускнаго отверстія ганистеромъ.—Составъ его.—Просушваніе и трамбованіе отверстія.—Задѣлываніе его смѣсью старокъ и песку.—Окончательный ремонтъ набойки печи.—Засыпаніе на подъ старого шлака.—Заваливаніе первой набойки (уменьшенной).—Постепенное увеличиваніе ея.—Старый подъ.—Ошлаковываніе его.—Временное задѣлываніе отверстія.—Выпускъ шлака.—Разжиженіе шлака посредствомъ окатыши.—Старая сталь на поду.—Прибавленіе чугуна для удаленія ея.—Выпускъ стали и шлака.—Наращиваніе пода и откосовъ пескомъ.—Набиваніе отверстія по дереву.—Прогрѣваніе отверстія.—Выжиганіе дерева.—Пробиваніе отверстія ломомъ и задѣлываніе его.—Окончательное исправленіе набойки.—Завалка уменьшенная и нормальная. . . . .

137

## ГЛАВА II. Первая плавка и уходъ за печью.

Холодный подъ при первой плавкѣ.—Неуплотненная набойка.—Прогрѣваніе пода во время плавки.—Легкое сгораніе печи при первыхъ плавкахъ.—Холодная сталь первой плавки.—Подогрѣваніе ея чугуномъ.—Меньшій выходъ стали при первой плавкѣ.—Ошлаковавшіеся кирпичи.—Перекидываніе клапановъ.—Различіе въ нагрѣваніи противоположныхъ сторонъ печи.—Измѣненія въ притокѣ газа и воздуха.—Роль воздуха при сгораніи печи.—Условія, способствующія сгоранію печи.—Подожженная печь; признаки.—Подожженный сводъ.—Настыли на немъ.—Работа на подожженной печи.—Столбы и притоки.—Замѣна сгорѣвшихъ арокъ новыми. . . . .

142

## ГЛАВА III. Выпускное отверстіе.

Неровности пода послѣ плавки.—Чистка его и удаленіе стали изъ отверстія.—Вышлескиваніе небольшихъ ямъ.—Чистка отверстія.—Задѣлываніе его смѣсью.—Прогрѣваніе ея.—Закладываніе глиною.—Трамбовка, застывшая въ отверстіи.—Удаленіе ея.—Застывшая сталь въ отверстіи.—Выпускъ шлака. . . . .

145



ГЛАВА IV. Ремонт набойки пода.

СТР.

Разрѣданіе откосовъ.—Ремонтъ откосовъ безъ доступа газа и воздуха.—Замѣшиваніе ямъ.—Ремонтъ и привариваніе въ нихъ набойки.—Ошлаковываніе пода окатиною (безъ чугуна).—Выпускъ шлака.—Наращиваніе пода послѣ шлакованія.—Привариваніе набойки въ старой и новой печи.—Болѣе мягкая, или уменьшенная навѣска на новый подъ.—Уничтоженіе неровностей пода окатиною . . . . .

148

ГЛАВА V. Нагрѣваніе печи и заваливаніе.

Нагрѣваніе печи.—Пускъ газа и воздуха.—Черновато-красный цвѣтъ газа.—Перекидываніе клапановъ и случающіяся при этомъ вспышки.—Воспламенение смолы въ аппаратѣ и тушеніе ея.—Постепенно свѣтлѣющій цвѣтъ газа.—Цвѣтъ нагрѣтой печи.—Составъ навѣски.—Заваливаніе чугуна при помощи ролика и лопатки.—Заваливаніе руды.—Ея восстановленіе.—Заваливаніе стали и желѣзной мелочи.—Подогрѣваніе печи.—Окончаніе заваливанія.—Заваливаніе тяжелыхъ предметовъ.—Цвѣтъ газа во время заваливанія . . . . .

150

ГЛАВА VI. Ходъ плавки.

Разогрѣваніе печи послѣ заваливанія.—Плавленіе матеріаловъ въ различныхъ частяхъ печи.—Прибавленіе руды для усиленія кипѣнія.—Зависимость между ходомъ печи и временемъ, необходимымъ для закипанія.—Начало кипѣнія.—Цѣна въ новой и старой печи.—Кипѣніе краснымъ пузырьемъ.—Прибавленіе руды.—Роль ея.—Подробный расчетъ заваленныхъ матеріаловъ и вѣса полученной стали для опредѣленія восстановленія руды.—Прибавленія окатины.—Роль шлака.—Количество прибавляемой руды.—Ускореніе хода плавки отъ прибавленія руды.—Вредное вліяніе избытка руды подъ конецъ плавки.—Бѣлый пузырь.—Проба.—Лопачущій пузырь.—Перекипаніе.—Время кипѣнія.—Химическій процессъ при кипѣніи.—Указанія Одельштёрна относительно веденія плавки.—Расчетъ теплоты плавленія по Веддингу и Кампбеллею . . . . .

154

ГЛАВА VII. Окончаніе плавки по пробѣ.

Проба стали въ ложкѣ и кованныя проба.—Изломъ ея.—Кристаллы и волокно.—Исчезаніе кристалловъ по мѣрѣ хода плавки.—Изломъ пробы соответственно назначенію стали.—Подогрѣваніе холодной стали.—Добавленіе чугуна и ферромарганца.—Подогрѣваніе добавочныхъ матеріаловъ.—Перемѣшиваніе.—Проба въ стаканчикѣ и на ложкѣ.—Вторичное перемѣшиваніе и прибавленіе ферромарганца.—Слишкомъ горячая сталь . . . . .

161

ГЛАВА VIII. Добавочныя матеріалы.

Основанія для окончанія плавки.—Увеличеніе количества добавочныхъ матеріаловъ въ расчетѣ на угарь.—Вліяніе хода печи на угарь.—Вторая проба.—Измѣненіе добавочныхъ матеріаловъ соответственно послѣдней пробѣ.

- a) Рельсовая сталь.—Средній ея составъ.—Техническія условія.—Болѣе точный составъ.—Расчетъ количества кремнія.—Обратная реакція между кремневой кислотой и углеродомъ.—Количество марганца.—Количество углерода.—Добавочные матеріалы для рельсовъ.
- b) Бандажная сталь.—Составъ.—Плотность.—Техническія условія.—Количество кремнія, марганца и углерода. Добавочные матеріалы для бандажей.
- c) Осевая сталь.—Составъ ея.—Колебанія въ техническихъ условіяхъ, а соответственно этому и въ составѣ.—Вычисленіе количества кремнія, марганца и углерода.—Добавочные матеріалы для осей.

- d) Сталь для валовъ.—Составъ.—Вѣсъ болванокъ.—Количество кремнія, марганца и углерода.—Добавочные матеріалы для валовъ.—Перемѣшиваніе стали въ изложницахъ.
- e) Балочная сталь.—Составъ.—Техническія условія.—Количество кремнія, марганца и углерода.—Добавочные матеріалы.—Балки изъ болѣе твердой стали.
- f) Рессорная сталь.—Составъ.—Подраздѣленіе на номера.—Добавочные матеріалы.—Количество кремнія, марганца и углерода въ № 3; количество прибавляемаго чугуна для № 3<sup>1/2</sup>; рессоры № 4.—Проба послѣ прибавленія чугуна и зеркальнаго №№ 4<sup>1/2</sup> и 5.—Трудность приготовления рессорной стали.—Условія успѣшнаго выхода плавки.
- Нагрѣваніе добавочныхъ матеріаловъ.—Выгораніе углерода за время нагрѣванія добавочныхъ.—Перемѣшиваніе . . . . . 164

### ГЛАВА IX. Выпускъ.

Условія пригодности стали для выпуска.—Раздѣлываніе отверстія.—Пускъ стали со сверла.—Пробиваніе отверстія ломомъ.—Малый діаметръ отверстія.—Шомполь.—Крючекъ.—Загибаніе шомполя.—Пропусканіе шлака въ отверстіе при помощи шомполя.—Пробиваніе желоба.—Удаленіе изъ отверстія остатковъ стали и шлака . . . . . 176

### ГЛАВА X. Разливаніе стали.

Начало разливанія.—Выпускъ шлака черезъ рыло ковша.—Открываніе запора.—Отмѣтка изложницъ для полученія опредѣленнаго вѣса.—Доливаніе точно до мѣда.—Перемѣшиваніе стали въ изложницахъ.—Заливы на краяхъ изложницъ.—Обрубаніе заливокъ при неплотно запирающемся запорѣ.—Сталь, ушедшая изъ изложницы.—Потеря стали отъ неплотнаго запиранія запора.—Ковшакъ.—Избѣжаніе раздѣданія поддонка при помощи обрѣзковъ листовъ и вставленныхъ кирпичей . . . . . 179

### ГЛАВА XI. Ковшъ.

Устройство ковша и телѣжки.—Очистка ковша послѣ плавки.—Выбиваніе настыли изъ ковша.—Ремонтъ ковша.—Нагрѣваніе.—Время установкы запоровъ.—Проба ихъ.—Установъ ковша на мѣстѣ.—Сгорѣвшій запоръ.—Потехній запоръ (раньше открыванія его) . . . . . 182

### ГЛАВА XII. Запоры.

Устройство запора.—Выборъ стакана и пробки.—Провѣрка запора. Обмазываніе глиною.—Запасная пара запоровъ.—Провѣрка запоровъ послѣ плавки.—Отгорѣвшій конецъ запора.—Стаканы и пробки . . . . . 186

### ГЛАВА XIII. Изложницы.

Два рода изложницъ: сплошныя и разборныя; съ квадратнымъ сѣченіемъ и съ восьмиграннымъ.—Размѣры.—Устройство изложницы. Поддонки рельсовые и листовые.—Установъ изложницъ.—Чистка ихъ.—Сборка листовыхъ изложницъ.—Старья изложницъ.—Выбиваніе болванокъ, застрявшихъ въ изложницахъ.—Матеріалъ для отливки изложницъ.—Срокъ службы ихъ . . . . . 188

### ГЛАВА XIV. О составѣ чугуна для изложницъ.

Составъ чугуна. Количество углерода и вредныхъ примѣсей. Перегрѣвъ чугуна въ вагранкѣ.—Опредѣленіе перегрѣтаго чугуна.—Вліяніе сѣры.—Сѣра кокса.—Дѣйствіе фосфора и мѣди.—Содержаніе марганца и углерода.—Хим. составъ хорошихъ изложницъ; ихъ размѣры.—Условія отливки.—Вліяніе попеременнаго охлажденія и нагрѣванія изложницъ . . . . . 192

## Глава XV. О порокахъ болванокъ.

Пороки болванокъ при прокаткѣ. I. V-образныя трещины. II. Многочисленные ямки. III. Трещины на краяхъ. IV. Иллы. V. Наружные свищи. . . . .

СТР.  
196

## Глава XVI. Холодная плавка.

Подогрѣваніе холодной стали чугуномъ.—Нѣсколько пробъ при окончаніи плавки.—Выпускъ холодной стали.—Добавленіе ферросилиція.—Прекращеніе роста стали при помощи воды.—Значеніе величины выпускнаго отверстия.—Настыль въ ковшѣ.—Плотность холодной стали . . . . .

198

## Глава XVII. Значительныя поврежденія набойки пода.

Продолжительность хода холодной плавки.—Разъѣданіе набойки.—Признаки разъѣданія пода.—Вычерпываніе ямъ.—Ремонтъ ихъ; разъѣденные откосы.—Разъѣденный подъ подъ окномъ.—Уменьшеніе завалки для лучшаго свариванія набойки подъ окномъ.—Настыль въ отверстіи.—Плохо задѣланное отверстіе.—Пробиваніе его.—Шлакованіе при помощи зеркальнаго.—Удаленіе съ оконъ настывшаго шлака.—Крышка. . . . .

200

## Глава XVIII. Старая печь и ея временной ремонтъ.

Продолжительность хода печи.—Недостатокъ газа въ старой печи.—Сажа и смола.—Выжиганіе газоваго клапана. Чистка сажи.—Выжиганіе газа.—Чистка смолы.—Затеканіе газовыхъ и воздушныхъ каналовъ.—Ремонтъ ихъ.—Насадки, ихъ затеканіе и ремонтъ.—Столбы и арки; ихъ поврежденія и ремонтъ.—Продолжительность службы пода и свода, печи и камеръ. . . . .

203

## Глава XIX. Сталь для фасонныхъ отливокъ.

Стальные отливки и условія, которымъ они должны удовлетворять. Усадка стали. Формовка. Матеріалы, применяемые въ Швеціи для формовки. Отжигъ. Печи для фасонныхъ отливокъ. Плотность стали.—Спокойная сталь.—Веденіе плавки.—Прибавленіе руды и окарины.—Жидкій шлакъ.—Шихта.—Количество кремнія и марганца въ шихтѣ.—Пробы.—Твердость стали.—Различныя условія заказовъ.—Расчетъ добавочныхъ матеріаловъ.—Количество кремнія, марганца и углерода. Шихта французскихъ заводовъ. Окончаніе плавки на № 1-й и 3-й.—Подогрѣвъ добавочныхъ матеріаловъ.—Перемѣшиваніе.—Проба на ложкѣ.—Жидкая сталь.—Проба усадки въ стаканѣ прокальваніемъ корки стали.—Разливаніе стали въ опоки.—Разниманіе ихъ.—Очистка поверхности отливокъ отъ приставшей земли.—Обрубка заливокъ и литниковъ.—Отрѣзываніе прибылей.—Данныя Малера. Литыя колеса зав. Бохумъ. Шведская сталь для отливокъ . . . . .

206

## Глава XX. Пробы стали отъ каждой плавки и проковки ихъ.

Наливаніе пробъ.—Число и форма кованныхъ пробъ.—Изгибъ и изломъ ихъ.—Опредѣленіе твердости стали по номеру пробъ.—Закаленные пробы рессорной стали.—Наружный видъ пробъ.—Изломъ пробъ не въ согнутомъ мѣстѣ.—Подожженные пробы.—Проковка пробъ.—Различіе въ химическомъ составѣ стали одинаковой твердости. . . . .

215

## Глава XXI. Различныя сорта стали и соотвѣтственная шихта.

Различіе въ прочности и тягучести стали въ зависимости отъ твердости ея.—Таблица прочности.—Важнѣйшіе сорта стали.—Зависимость между химическимъ составомъ и прочностью стали Шихты применяемыя въ Англіи и Америкѣ. Стоимость стальной болванки въ Англіи и Франціи.—Расчетъ шихты. Увеличеніе количества сѣры и фосфора отъ угара . . . . .

217

Образованіе шлака на счетъ окисловъ.—Кремневая кислота набойки.— Сумма количествъ кремневой кислоты, какъ основаніе расчета количества шлака.—Формула, выражающая составъ кислаго шлака.—Раздѣленіе набойки шлакомъ, богатымъ основаніями при началѣ плавки.—Количество кремнезема, замѣствованное шлакомъ изъ набойки и введенное въ завалку.—Соответственный вѣсъ закиси желѣза.—Вѣсъ шлака по вычисленію и средній изъ непосредственныхъ взвѣшиваній.—Поправки въ послѣднемъ вѣсѣ.—Вѣсъ закиси желѣза въ шлакѣ и сравненіе его съ вѣсомъ прибавляемой руды.—Возстановленіе части руды въ металлическое желѣзо.—Угаръ.—Роль шлака.—Физическія свойства и различіе между кислымъ и основнымъ шлакомъ . . . . .

224

## ОТДѢЛЬ IV.

## Печь съ основной набойкой.

Первыя работы надъ выдѣленіемъ фосфора. Причины быстрого распротраненія основнаго процесса . . . . .

229

## Глава I. Пускъ печи въ ходъ.

Укрѣпленіе набойки пода.—Сушеніе печи дровами.—Пускъ газа.—Нагрѣваніе печи.—Отпусканіе пружинъ; выниманіе рельсовыхъ концовъ.—Нарациваніе набойки печи.—Толщина слоя доломита привариваемаго за одинъ разъ.—Толщина всей набойки.—Шлакъ на новой набойкѣ.—Отверстіе.—Чистка его.—Уклонъ пода.—Заростаніе ванны.—Задѣлываніе отверстія.—Заваливаніе известковаго камня.—Первая навѣска.—Постепенное увеличаніе навѣски.—Переходъ къ обыкновеннымъ (нечистымъ) матеріаламъ.—Старый подъ.—Выпускъ шлака.—Временная задѣлка отверстія.—Застывшая сталь.—Прибавленіе чугуна для удаленія ея.—Кипѣніе металла и разгорѣвъ его.—Чистый подъ.—Нарациваніе его.—Положеніе выпускнаго отверстія.—Набиваніе его по дереву.—Просушваніе и пробиваніе его.—Толщина слоя смѣси въ отверстіи.—Количество ея.—Задѣлываніе отверстія и заваливаніе первой навѣски. . . . .

229

## Глава II. Первая плавка.

Заваливаніе на подъ мелкаго известняка.—Предохраненіе набойки отъ поврежденія.—Мягкость новой набойки; уплотненіе и пониженіе ея.—Слабое прогреваніе набойки газомъ.—Заваленная на нее навѣска.—Предварительное подогрѣваніе пода чугуномъ.—Непосредственное заваливаніе навѣски на старый подъ.—Нарациваніе доломита на магнетитовый кирпичъ. Выходъ стали при первой плавкѣ.—Нагрѣвъ ковша.—Нагрѣваніе основной печи подъ конецъ плавки и условія сохраненія ея.—Навѣска для первой плавки.—Заваливаніе ея.—Недостатокъ шлака . . . . .

235

## Глава III. Выпускное отверстіе.

Сталь, остающаяся въ углубленіяхъ пода.—Чистка пода.—Выпескиваніе небольшихъ ямъ.—Чистка отверстія.—Задѣлываніе его.—Трамбованіе смѣси.—Окончательное задѣлываніе отверстія.—Разрѣзъ отверстія.—Замороженное отверстіе.—Пробиваніе его до завалки.—Пробиваніе нечисто-задѣланнаго отверстія, когда плавка въ печи.—Удаленіе стали изъ отверстія при помощи зеркальнаго чугуна, или ферросилиція.—Установъ ковша.—Задѣлываніе отверстія „подъ шлакъ“.—Расширеніе отверстія шомполомъ.—Оторвавшійся конецъ шомпола . . . . .

237

## ГЛАВА IV. Ремонтъ набойки пода.

Плавлеиe навѣски.—Образованiе пѣны.—Счищенiе пода плоскою кочергою.—Ремонтъ откосовъ при запертомъ газѣ и воздухѣ.—Замѣшиванiе ямъ.—Ремонтъ и привариванiе в нихъ набойки.—Двѣ или больше ямъ.—Выпусканiе шлака.—Жидкiй доломитъ.—Прибавленiе окалины.—Ремонтъ откосовъ и пода послѣ выпуска шлака.—Задѣлка очень глубокихъ ямъ.—Привариванiе доломита въ старой и новой печи.—Примѣсь песку къ доломиту.—Заростанiе печи.—Шлакованiе набойки въ заросшей печи.—Толщина задней стѣнки . . .

стр.

240

## ГЛАВА V. Нагрѣванiе печи и завалка.

Нагрѣванiе поправленной печи.—Цвѣтъ газа.—Время перекидыванiа клапановъ.—Примѣръ нагрѣванiа печи.—Большой объемъ навѣски.—Заваливанiе ея по частямъ и подогрѣванiе печи.—Преимущество основныхъ печей передъ кислыми.—Материалы, идущiе въ навѣску.—Разнообразiе и неопредѣленность ихъ состава.—Заваливанiе известняка, чугуна, мелочи, тяжелыхъ предметовъ.—Подогрѣванiе печи для расплавленiа части навѣски и остѣданiа ея.—Продолженiе заваливанiа.—Примѣръ перекидыванiа клапановъ во время завалки.—Переѣзна ролика.—Удаленiе старой смѣси съ окна и задѣлыванiе его новой. Удаленiе шлака изъ ямы передъ печью.—Неудобства этого способа.—Откатка шлака въ тѣлѣжкахъ.—Продолжительность заваливанiа въ зависимости отъ измельченности материала.—Продолжительное и частое нагрѣванiе старой печи при завалкѣ . . . . .

243

## ГЛАВА VI. Ходъ плавки.

Выгоранiе примѣсей желѣза во время плавленiа.—Начало процесса.—Меньшая продолжительность его, нежели на кислой печи.—Большiй угарь.—Окислительное дѣйствiе газовъ, способствующее дефосфоризацiи.—Нагрѣванiе печи во время хода плавки.—Примѣръ перекидыванiа клапановъ въ это время.—Плавленiе материаловъ во всей печи и у окна.—Пѣна.—Зависимость между пѣною и ходомъ печи.—Начало кипѣнiа подъ газомъ.—Чистое кипѣнiе.—Сгребанiе шлака.—Подготовленiе ямы.—Осторожное сбиванiе мадеры съ окна.—Первая проба.—Подраздѣленiе ея по твердости на пять номеровъ.—Разсмотрѣнiе каждого изъ пяти случаевъ отдѣльно.—I-й случай. — Причины, обуславливающiя непродолжительность кипѣнiа ванны.—Подогрѣванiе плавки чугуномъ и зеркальнымъ.—Многочисленное прибавленiе чугуна и раздѣданiе набойки печи.—Увеличенiе содержанiа углерода въ шихтѣ.—Тщательный уходъ за старой печью.—II-й случай.—Прибавленiе зеркальнаго.—Прибавленiе чугуна.—Соотвѣтственная проба.—III-й случай.—Проба хомается.—Красный и бѣлый пузыри; крупный и мелкiй, бѣлые пузыри при кипѣнiа ванны.—Остановливанiа кипѣнiа.—Прибавленiе окалины.—Вторая и послѣдующiа пробы.—Нормальный ходъ плавки.—IV-й случай.—Проба въ изломѣ содержитъ одну сѣпь.—Ванна, богатая углеродомъ.—Продолжительность кипѣнiа.—Прибавленiе руды.—Проба, въ зависимости отъ которой прибавляютъ руду.—Всѣ фазисы кипѣнiа.—Плавка соотвѣтствуетъ старымъ печамъ.—V-й случай.—Проба очень твердая.—Неправильная шихта.—Измѣненiе ея.—Прибавленiе руды.—Проба.—Раздѣданiе набойки —Остыванiе стали.—Исправленiе набойки.—Способы веденiа плавки: по пробѣ и по кипѣнiю.—Присутствiе большого количества фосфора.—Прибавленiе известняка подъ конецъ плавки.—Химическiй процессъ.—Горячiй ходъ плавки.—Выдѣленiе фосфора.—Время сгребанiа шлака.—Роль руды.—Реакцiи возстановленiа ея углеродомъ.—Переходъ металлическаго желѣза въ шлавъ . . . . .

247

## ГЛАВА VII. Окончанiе плавки по пробѣ.

Наливанiе пробы для проковки.—Ковка горячей пробы.—Разорванные края прокованной пробы.—Подходящая по изгибу проба.—Проба стали на

ложкѣ.—Горячая и холодная сталь.—Вспучиваніе стали на ложкѣ.—Ростъ стали въ изложницахъ.—Зависимость между качествами стали и продолжительностью кипѣнія.—Самое подходящее время кипѣнія плавки.—Непродолжительное кипѣніе.—Прибавленіе зеркальнаго чугуна.—Выпускъ стали.—Видъ кочерги.—Провѣрочная проба . . . . . 255

### ГЛАВА VIII. Различіе между твердою и мягкою основною сталью.

Мягкая сталь.—Застываніе ея въ изложницахъ.—Закрываетъ крышками болванокъ.—Подраздѣленіе ея по содержанию углерода на три номера.—Корабельная сталь.—Составъ ея.—Техническія условія и назначеніе.—Листовая сталь.—Составъ ея.—Техническія условія и назначеніе.—Сваривающаяся сталь.—Составъ ея.—Техническія условія.—Назначеніе.—Свариваніе.—Содержаніе пустотъ въ верхней части болванокъ; вліяніе ихъ на прокатку и проковку.—Различіе въ сваривающейся способности мягкой и твердой стали.—Твердая, или спокойная основная сталь; подраздѣленіе ея на номера.—Назначеніе твердой, основной стали.—Отличіе ея состава отъ кислой.—Большій изгибъ пробъ спокойной основной стали.—Застываніе ея въ изложницахъ, ростъ, и его вліяніе на прокатку . . . . . 257

### ГЛАВА IX. Приготовленіе твердой основной стали.

Условія.—Веденіе плавки.—Проба.—Установъ запоровъ.—Ферросилицій.—Нагрѣваніе добавочныхъ.—Отверстіе.—Его пробиваніе.—Прибавленіе алюминія.—Очень твердая сталь.—Задерживаніе кипѣнія. Добавочные. . . . . 260

### ГЛАВА X. Добавочные матеріалы.

Угаръ добавочныхъ матеріаловъ.—I) Мягкая сталь.—Проба.—Добавочные и ихъ расчетъ.—2 М—обык. листовая сталь.—3 М—сваривающаяся сталь.—Преимущества и недостатки этого способа.—II) Твердая сталь.—Различіе въ угарѣ. а) осевая, б) балочная, в) оружейная, г) бандажная, г) рельсовая и е) инструментальная сталь.—Расчеты ихъ добавочныхъ. . . . . 262

### ГЛАВА XI. Выпускъ.

Раздѣлываніе выпускнаго отверстія.—Прибавленіе добавочныхъ.—Пробиваніе.—Вторичное раздѣлываніе отверстія.—Ковшъ.—Скорость вытеканія стали изъ печи.—Чистка пода и отверстія.—Запоры. . . . . 273

### ГЛАВА XII. Разливаніе стали.

Подъемъ запора.—Отливка стали сверху и снизу изложницъ.—Вспучиваніе стали въ проходной изложницѣ и ростъ ея.—Замѣшваніе.—Два періода роста.—Прекращеніе его крышками.—Искры.—Шлакъ. . . . . 277

### ГЛАВА XIII. Отливаніе болванокъ снизу.

Поддонокъ для отливанія.—Пустотѣлые кирпичи и ихъ укладка въ поддонкѣ.—Сушеніе и установъ его.—Потеря стали въ литникахъ. . . . . 281

### ГЛАВА XIV. Листовыя изложницы.

Размѣры листовыхъ болванокъ и соответственныхъ изложницъ.—Половинныя листовыхъ изложницъ.—Чистка, сборка и установъ ихъ.—Поддонокъ.—Хомутъ. . . . . 284

## ГЛАВА XV. Обрубаніе болванокъ.

Обламываніе литниковъ и заливокъ.—Вырубаніе на боковой поверхности болванокъ пленъ, шлаку, песку и раковинъ.—Вліяніе обрубанія на количество брака.—Зубило, молотокъ и сѣтка . . . . . 286

## ГЛАВА XVI. Холодная плавка.

Холодный ходъ печи и вліяніе его на продолжительность плавки.—Подогрѣваніе.—Выдѣленіе фосфора.—Шлакъ и угарь.—Разъѣданіе набойки.—Лмы.—Выпускъ не горячей стали.—Настыль.—Выливаніе остатка черезъ рыхло . . . 289

## ГЛАВА XVII. Горячая плавка.

Повышеніе температуры отъ выгорания кремнія.—Дѣйствіе марганца.—Шлакъ въ пустотахъ болванокъ.—Усадка.—Остываніе стальныхъ болванокъ. 292

## ГЛАВА XVIII. О растворенныхъ въ стали газахъ.

Составъ газовъ.—Прибавленіе алюминія и кремнія.—Собирание газовъ. 295

## ГЛАВА XIX. Значительныя поврежденія набойки.

Поврежденія различныхъ частей.—Удаленіе остатковъ стали.—Отверстіе въ старой печи.—Разъѣданіе откосовъ шлакомъ.—Порогъ.—Желобъ.—Крышка. 298

## ГЛАВА XX. Ушедшая плавка.

Разъѣданіе набойки.—Установъ запоровъ въ ковшѣ.—Отверстіе.—Уходъ плавки и послѣдствія его . . . . . 303

## ГЛАВА XXI. Проковка пробъ.

Число пробъ отъ каждой плавки.—Проковка и виѣсныя признака . . . 305

## ГЛАВА XXII. О стали для артиллерійскихъ снарядовъ.

Техническія условія стали для артиллерійскихъ снарядовъ и ихъ слѣдствія. 309

## ГЛАВА XXIII. Объ испытаніи стальныхъ пробъ.

Механическія испытанія.—Выполненіе ихъ.—Размѣры пробныхъ брусковъ. Данная Баушингера и Вебстера.—Техн. усл. желѣзнодорожныхъ принадлежностей. 311

## ГЛАВА XXIV. Шихта.

Составъ шихты и ея зависимость отъ хода печи.—Руда и известнякъ.—Вычисленіе ихъ количества.—Расчетъ матеріаловъ, при составленіи шихты.—Ислѣдов. Шмидгаммера . . . . . 320

## ГЛАВА XXV. Шлакъ.

Образованіе шлака.—Выдѣленіе фосфора.—Удаленіе части шлака.—Шлакъ холодныхъ и горячихъ плавковъ.—Количество шлака по опыту и вычисленію.—Анализъ шлака и его свойства . . . . . 330

## ОТДѢЛЪ ПЯТЫЙ.

*О специальной стали и ея примѣсахъ.*

ГЛАВА	I. Никелевая сталь. . . . .	341
"	II. Марганцовая сталь . . . . .	349
"	III. Обь углеродъ. . . . .	352
"	IV. О фосфоръ. . . . .	354
"	V. О сѣръ . . . . .	357
"	VI. О кремнѣ. . . . .	360
"	VII. О марганцѣ . . . . .	361
"	VIII. Обь алюминіи . . . . .	363
"	IX. О мышьякѣ . . . . .	364
"	X. О хромѣ. . . . .	—
"	XI. О ванадіѣ. . . . .	366
"	XII. Обуглероживаніе стали. . . . .	368
"	XIII. Обь усадкѣ стали. . . . .	375



# ОТДѢЛЪ ПЕРВЫЙ.

## Г А З Ъ.

Существенно важно для мартеновскаго производства получение и свойства генераторнаго газа. Какъ бы хорошо ни была проектирована печь, но при плохомъ устройствѣ генераторовъ она не можетъ дать хорошихъ результатовъ въ отношеніи экономіи горючаго. Долго генераторы составляли слабое мѣсто мартеновскаго производства, которое наконецъ приведено въ уровень съ остальной техникою производства изобрѣтеніемъ Тайлѣра. Ниже указаны всѣ усовершенствованія въ области генераторовъ, извѣстныя въ технической литературѣ послѣдняго десятилѣтія, но наряду съ ними описанъ и старый генераторъ Сименса, такъ какъ онъ еще очень у насъ распространенъ, несмотря на то, что по его недостаткамъ давно слѣдовало бы его замѣнить новыми типами. Экономія горючаго скоро покрываетъ расходы по перестройкѣ.

---

### ГЛАВА ПЕРВАЯ.

#### Теоретическая часть.

Единицею теплоты считаютъ такое количество ея, которое необходимо для нагрѣванія 1 килогр. воды на 1 град. Ц.

При сгораніи какогонибудь тѣла развивается температура, которую можно опредѣлить, раздѣляя количество развиваемой при горѣніи теплоты на сумму произведеній изъ вѣса тѣлъ, поглощающихъ эту теплоту, на теплоемкость ихъ. Если обозначимъ \*) черезъ  $T$ —температуру,  $W$ —теплоту, развиваемую при горѣніи,  $Q_1, Q_2, Q_3$ , и т. д.—вѣса тѣлъ, поглощающихъ теплоту,  $S_1, S_2, S_3$ , и т. д.—теплоемкости ихъ, то получимъ формулу:

---

\*) А. Лехебуръ: Die Gasfeuerungen für metallurgische Zwecke Leipzig 1891. Стр. 9 и послѣд.

$$T = \frac{W}{\varphi_1 S_1 + \varphi_2 S_2 + \varphi_3 S_3 + \dots} \quad (I)$$

Предположимъ, что на сжиганіе какого нибудь тѣла расходуется только теоретически необходимое количество воздуха и что развиваемая теплота идетъ только на нагрѣваніе продуктовъ горѣнія, то по формулѣ (I) можно вычислить, такъ называемую, теоретическую температуру горѣнія данного горючаго матеріала.

Напримѣръ, если 1 килогр. углерода сгораетъ въ окись углерода, безъ подогрѣва воздуха и горючаго, то развивается 2473 ед. т., причеъ, какъ продукты горѣнія, образуются 2,33 кил. окиси углерода, теплоемкость котораго 0,248 и 4,46 кил. азота, теплоемкость котораго 0,244; поэтому теоретическая температура горѣнія:

$$T = \frac{2473}{2,33 \times 0,248 + 4,46 \times 0,244} = \frac{2473}{0,57784 + 1,08824} = \frac{2473}{1,66608} = 1485^\circ \text{ Ц.}$$

Въ дѣйствительности теоретической температуры никогда нельзя достигнуть, потому что съ одной стороны въ продуктахъ горѣнія всегда имѣются постороннія тѣла, поглощающія теплоту, а съ другой—при достиженіи извѣстной температуры наступаетъ разложеніе (диссоціація) нѣкоторыхъ продуктовъ горѣнія, которое не позволяетъ температурѣ превысить вышеуказанный предѣлъ.

Болѣе точную формулу для вычисленія дѣйствительной температуры приводитъ Н. С. Курнаковъ \*).

$$T_1 = \frac{(1-k)(1-\omega)(1-n)W}{\varphi_1 S_1 + \varphi_2 S_2 + \varphi_3 S_3 + \dots} \quad (II)$$

гдѣ всѣ обозначенія такія же, какъ въ формулѣ I-й, но введены еще коэффициенты:  $k$ —диссоціацій,  $\omega$ —лучеиспусканія при горѣніи и  $n$ —охлажденія стѣнокъ печи, отъ ихъ теплопроводности и лучеиспусканія. Всѣ три вышеприведенные коэффициенты еще мало извѣстны.

Изъ формулы (I или II) можно вывести нѣкоторыя полезныя заключенія, напр. если нагрѣть горючее, или воздухъ, или оба вмѣстѣ, то достигнемъ повышенія температуры, потому что числитель дроби увеличится. Если въ предъидущемъ примѣрѣ принять, что уголь нагрѣтъ до  $1200^\circ \text{ Ц.}$  (напр. въ вагранкахъ), причеъ теплоемкость его равняется 0,22, то каждый килограммъ углерода внесетъ съ собою  $0,22 \times 1200 = 264$  ед. т. Кроме того, если необходимый для сгорания воздухъ (1,33 кил. O + 4,46 кил. N = 5,79 кил. воздуха) подогрѣтъ до  $500^\circ$ , причеъ теплоемкость его равняется 0,237, то онъ внесетъ съ собою  $5,79 \times 500 \times 0,237 = 685$  ед. т. Поэтому температура горѣнія по форм. (I) будетъ:

$$T = \frac{2473 + 264 + 685}{2,33 \times 0,248 + 4,46 \times 0,244} = \frac{3422}{1,66608} = 2055^\circ \text{ Ц.}$$

т. е. на  $570^\circ \text{ Ц.}$  выше предъидущаго примѣра.

\*) Горный Журналъ за 1892 г. № XII, стр. 489.

Дальше, изъ этой же формулы слѣдуетъ, что теоретическая температура не зависитъ отъ количества горючаго матеріала, потому что съ увеличеніемъ числителя, увеличивается и знаменатель дроби, т. е. количество тѣлъ, поглощающихъ теплоту.

Если ввести больше воздуха, чѣмъ необходимо теоретически для сжиганія даннаго количества углерода, то знаменатель дроби увеличится, такъ какъ возрастетъ количество продуктовъ горѣнія, и температура понизится. То же самое имѣетъ мѣсто при сжиганіи влажнаго горючаго, такъ какъ влажность послѣдняго обращается въ паръ, увеличивающій вѣсъ продуктовъ горѣнія и отнимающій теплоту тѣмъ въ большей степени, что теплоемкость водянаго пара значительна—0,4805. Если горючее въ твердомъ видѣ, то на обращеніе содержащейся въ немъ воды въ паръ теряется еще значительное количество теплоты, такъ что величина *W* уменьшается, а вмѣстѣ съ тѣмъ понижается и температура горѣнія. Поэтому влажные горючіе матеріалы (торфъ, дерево) не пригодны для полученія высокихъ температуръ.

Количество теплоты, развиваемой тѣломъ при сгораніи, съ образованіемъ опредѣленныхъ продуктовъ горѣнія, называется его теплопроизводительной способностью. Составныя части каждаго горючаго матеріала, обуславливающія его теплопроизводительную способность — это углеродъ и водородъ. Они отчасти находятся въ свободномъ состояніи, отчасти соединены между собою, или съ другими тѣлами въ горючія составныя части.

*Водородъ* при сгораніи образуетъ водяной паръ ( $2H+O=H_2O$ ), соединяясь съ 8-ю кратнымъ, противъ своего вѣса, количествомъ кислорода. 1 кил. водорода при сгораніи развиваетъ 28,780 ед. т.

*Углеродъ* при сгораніи образуетъ: а) окись углерода ( $C+O=CO$ ), соединяясь съ  $1\frac{1}{2}$  количествомъ кислорода, противъ своего вѣса, при чемъ одинъ килограммъ углерода развиваетъ въ среднемъ 2473 ед. т.; б) углекислоту ( $C+2O=CO_2$ ), соединяясь съ  $2\frac{2}{3}$  вѣсовыми частями кислорода, при чемъ одинъ килограммъ углерода развиваетъ 8080 ед. т. Отсюда слѣдуетъ, что низшая степень окисленія—окись углерода, сама можетъ служить горючимъ матеріаломъ и на самомъ дѣлѣ она образуетъ существенную составную часть большинства горючихъ газовъ. 1 кил. окиси углерода при сгораніи соединяется съ  $\frac{4}{7}$  килограмма кислорода, образуя углекислоту ( $CO+O=CO_2$ ) и развиваетъ 2403 ед. т.

Отсюда слѣдуетъ, что при сгораніи углерода непосредственно въ углекислоту развивается такое же количество теплоты, какъ и при двойномъ сгораніи — углерода, въ окись углерода и этой послѣдней въ углекислоту 1 киллогр. углерода, по предъидущему, сгораетъ въ  $\frac{7}{2}$  кил. окиси углерода, развивая при этомъ 2473 ед. т.,  $\frac{7}{2}$  кил. окиси углерода при сгораніи въ углекислоту развиваетъ  $\frac{7}{2} \times 2403 = 5607$  ед. т., такъ что общее

количество развиваемой при сгорании 1 кил. углерода теплоты  $2473 + 5607 = 8080$  ед. т. такое же, как и при непосредственном сгорании углерода в углекислоту.

Теплопроизводительная способность соединений углерода с водородомъ, встречающихся или в твердомъ видѣ (дерево, торфъ, бурый и каменный угли), или в газообразномъ не можетъ быть вычислена по теплопроизводительной способности составныхъ частей каждаго, но должна быть определена на опытѣ особыми испытаніями.

Важнѣйшія изъ газообразныхъ соединений углерода с водородомъ, встречающихся при газовыхъ топкахъ, два слѣдующія:

1) *Метанъ, рудничный, или гремучій газъ, или легкій углеводородъ* ( $CH_4$ ). 1 кил. газа развиваетъ при сгораніи с 4-мя килограммами кислорода в 2,75 кил. углекислоты и 2,25 кил. воды ( $CH_4 + 4O = CO_2 + 2H_2O$ )—12.000 ед. т.

2) *Этиленъ, или тяжелый углеводородъ* ( $C_2H_4$ ). 1 килограммъ при сгораніи в углекислоту и воду развиваетъ 11.200 ед. т. ( $C_2H_4 + 6O = 2CO_2 + 2H_2O$  \*).

Кромѣ теплопроизводительной способности на температуру горѣнія оказываетъ вліяніе диссоціація.

Кислородъ вообще имѣетъ свойство соединяться с другими тѣлами: свойство это возрастаетъ при возвышеніи температуры до извѣстнаго предѣла, за которымъ оно начинаетъ ослабѣвать и наконецъ наступаетъ температура, при которой происходитъ обратное разложеніе соединенія. Это разложеніе зависящее только отъ повышенія температуры, было названо Сэнтъ-Клеръ-Девилемъ—диссоціаціею. Различныя соединенія имѣютъ различную температуру диссоціаціи. Если в извѣстномъ пространствѣ сгоранія была достигнута температура диссоціаціи соединеній, образующихся при горѣніи, то послѣднее кончается и поэтому становится невозможнымъ всякое повышеніе температуры. В этомъ случаѣ непримѣнима формула (1) для вычисленія теоретической температуры.

Разсмотримъ диссоціацію соединеній кислорода с углеродомъ и водородомъ.

Углеродъ, какъ извѣстно, даетъ два соединенія: окись углерода и углекислоту. Разложенія окиси углерода на ея составныя части ( $CO = C + O$ ) не происходитъ даже при самыхъ высокихъ температурахъ, достигаемыхъ в нашихъ печахъ. Помимо опытовъ в маломъ видѣ, имѣетъ различныя доказательства этому. Углеродъ сгораетъ в окись углерода

\*) Данныя относительно теплопроизводительной способности различныхъ тѣлъ можно найти в слѣдующихъ сочиненіяхъ: Erhard, Tabellen für Feuerungskunde Freiberg 1878; Naumann, Die Heizungsfrage seit. 10, 17. Ledebur Eisenhüttenkunde seit 29. Leipzig 1884.

при бѣлокалильномъ жарѣ, если только онъ имѣетъ возможность соединяться съ кислородомъ, и ни въ какой изъ нашихъ печей нельзя достигнуть температуры, при которой прекратилось бы это стремленіе кислорода и углерода соединяться между собою. Передъ фурмами доменныхъ печей углеродъ тѣмъ быстрѣ сгораетъ въ окись углерода, какъ показываютъ анализы, чѣмъ выше температура дутья. Окислы металловъ, на которые углеродъ не дѣйствуетъ при посредственной температурѣ, отдаютъ свой кислородъ углероду при бѣлокалильномъ жарѣ (закись марганца, окись хрома и пр.). Эта реакція не имѣла бы мѣста, еслибъ сродство углерода къ кислороду было меньше, чѣмъ другихъ тѣлъ, или еслибъ имѣла мѣсто диссоціація окиси углерода.

По изысканіямъ Сэнь-Клеръ-Девилля углекислота начинаетъ разлагаться на окись углерода и свободный кислородъ уже при температурѣ  $1000^{\circ}$ — $1200^{\circ}$  Ц., хотя и въ незначительномъ количествѣ; окончательно она разлагается при  $2600^{\circ}$ — $2700^{\circ}$  Ц.

Это высшая температура, которой можно достигнуть сжиганіемъ углерода, или окиси углерода въ углекислоту при обыкновенномъ давленіи, если даже примѣнять для сжиганія чистый кислородъ вмѣсто атмосфернаго воздуха. Чѣмъ ближе температура къ вышеуказанному предѣлу, тѣмъ больше свободного кислорода и окиси углерода находится въ продуктахъ горѣнія и только при пониженіи температуры количество ихъ уменьшается.

Отъ этого свойства углекислоты зависитъ ея сильное окислительное дѣйствіе при высокихъ температурахъ на другія тѣла, которыя окисляются свободнымъ кислородомъ, такъ что даже углеродъ окисляется углекислотою въ окись углерода ( $C + CO_2 = 2CO$ ). По изысканіямъ Наумана и Пистора дѣйствіе углекислоты на углеродъ начинается при температурѣ въ  $550^{\circ}$  Ц., а по наблюденіямъ Ледебура при болѣе низкой температурѣ, если для опыта взять древесный уголь. При повышеніи температуры это дѣйствіе усиливается. При этой реакціи поглощается теплота, количество которой не трудно вычислить. Такъ, 1 кил. угля при сгораніи въ углекислоту развиваетъ 8080 ед. т., а въ окись углерода 2473 ед. т., то расходъ теплоты на каждый килограммъ угля, который по вышеприведенной формулѣ окисляется углекислотою въ окись углерода, равенъ  $8080 - (2 \times 2473) = 3134$  ед. т.

То обстоятельство, что окислы нѣкоторыхъ металловъ возстановляются при бѣлокалильномъ жарѣ углеродомъ, а не окисью углерода, объясняется вышеуказаннымъ окислительнымъ свойствомъ углекислоты.

Водяной паръ, по опредѣленіямъ Девиля, тоже начинаетъ разлагаться при температурѣ  $1000^{\circ}$  Ц. и окончательно разлагается при  $2500^{\circ}$  Ц., при чемъ онъ такъ же точно дѣйствуетъ, какъ углекислота, а именно

окисляетъ углеродъ ( $H_2O + C = 2H + CO$ ). Эта реакція составляетъ основаніе для полученія водяного газа, при чемъ происходитъ значительное поглощеніе теплоты.

Къ сожалѣнію, изысканія надъ диссоціаціей неполны и не могутъ дать отвѣта на всѣ вопросы, находящіеся въ связи съ горѣніемъ.

Диссоціація зависитъ отъ давленія, подъ которымъ находятся газы, отъ скорости теченія ихъ, отъ примѣси постороннихъ тѣлъ, химически дѣйствующихъ, или не дѣйствующихъ другъ на друга. Такъ, напр., найдено, что диссоціаціи содѣйствуетъ соприкосновеніе газовъ съ поверхностью твердыхъ тѣлъ, такъ что при этомъ горѣніе затрудняется, въ особенности, если эта поверхность шероховата. При такихъ условіяхъ даже окись углерода распадается при посредственныхъ температурахъ ( $1700^\circ$  Ц.) на углеродъ и углекислоту ( $2CO = C + CO_2$ ), при чемъ имѣется соотвѣственно значительный избытокъ неразложившейся окиси углерода, чтобы не допустить дѣйствія углекислоты на выдѣлившійся углеродъ. Дальше найдено, что съ увеличеніемъ давленія газа возвышается и температура диссоціаціи его и что вслѣдствіе этого можно достигнуть высшей температуры горѣнія, если газы подвергнуть большому давленію.

Свойства эти имѣютъ значеніе при сгораніи въ печахъ, гдѣ газы находятся всегда въ соприкосновеніи со стѣнками печи.

Горѣніе бываетъ полное и неполное. Если въ продуктахъ горѣнія нѣтъ никакихъ горючихъ составныхъ частей, то горѣніе называется полнымъ. Такъ какъ горючія составныя части всякаго горючаго матеріала — углеродъ и водородъ, то при полномъ горѣніи на ряду съ неразложившимся азотомъ заключаются въ продуктахъ горѣнія только углекислота и водяной паръ, а при неполномъ — несгорѣвшій углеродъ (сажа), окись углерода, водородъ, или углеводороды (пары смолы). Указателемъ неполнаго горѣнія служить дымъ (сажа, пары смолы).

Очевидно, что въ топкахъ, въ которыхъ происходитъ неполное горѣніе, часть горючаго матеріала теряется.

Ниже приведено нѣсколько правилъ, при соблюденіи которыхъ достигается полное горѣніе и возможно большая утилизація горючаго.

I. Въ пространствѣ сгоранія (топкѣ) для полнаго горѣнія необходима достаточно высокая температура, обуславливающая химическое соединеніе кислорода съ составными частями горючаго. Если температура продуктовъ горѣнія превышаетъ температуру диссоціаціи, то нѣтъ полнаго соединенія тѣлъ, которое тотчасъ же наступаетъ, какъ только температура соотвѣственно понизится. Поэтому пламя тѣмъ длиннѣе, чѣмъ ближе температура его къ температурѣ диссоціаціи.

II. Тѣсная смѣсь горючаго съ кислородомъ воздуха, т. е. возможно болѣе всестороннее соприкосновеніе горючаго съ воздухомъ, предназна-

ченнымъ для горѣнія, облегчаетъ полное горѣніе. Изъ этого слѣдуетъ, что полное горѣніе легче достижимо въ газовыхъ топкахъ, нежели въ колосниковыхъ.

III. Смѣшеніе горючаго и кислорода съ посторонними тѣлами, не соединяющимися химически, затрудняетъ полное горѣніе. Отсюда слѣдуетъ, что полное горѣніе легче происходитъ въ чистомъ кислородѣ, нежели въ атмосферномъ воздухѣ, содержащемъ  $\frac{3}{4}$  азота, а также, что содержаніе влажности въ горючемъ, или воздухѣ затрудняетъ полное горѣніе.

IV. Полное горѣніе имѣетъ мѣсто только при извѣстномъ избыткѣ кислорода, который можетъ быть тѣмъ меньше, чѣмъ полнѣе смѣшеніе. Такъ, при горѣніи на колосникахъ необходимо 2—2½ раза большее количество воздуха противъ теоретическаго, а при газовыхъ топкахъ достаточно незначительнаго избытка воздуха, чтобы при высокой температурѣ происходило полное горѣніе.

Сжиганіе горючаго матеріала имѣетъ цѣлью передачу теплоты развиваемой при горѣніи и уносимой продуктами горѣнія, какому нибудь другому тѣлу. Чѣмъ полнѣе эта передача, тѣмъ совершеннѣе утилизація горючаго. Для совершенной передачи необходима большая поверхность нагрѣва, продолжительность его и нѣкоторыя другія условія, между которыми самой важной является высокая температура продуктовъ горѣнія. Чѣмъ больше разница въ температурахъ между нагрѣваемымъ и нагрѣвающимъ тѣлами, тѣмъ совершеннѣе передача теплоты, по изслѣдованіямъ Дюлонга и Пти.

Отсюда слѣдуетъ, что нагрѣваніе тѣлъ идетъ тѣмъ быстрѣе и съ тѣмъ меньшей затратой горючаго, чѣмъ выше температура, развиваемая при сгораніи послѣдняго. Поэтому всѣ средства, ведущія къ достиженію высокой температуры, способствуютъ болѣе полной утилизаціи теплоты и экономіи горючаго матеріала.

При газовыхъ топкахъ достигается самое полное горѣніе и связанная съ нимъ высокая температура; онѣ примѣняются для стального производства, такъ какъ въ соединеніи съ регенеративными печами даютъ самый сильный жаръ, необходимый при полученіи стали. Перейдемъ къ описанію газовыхъ топокъ, называемыхъ генераторами.

---

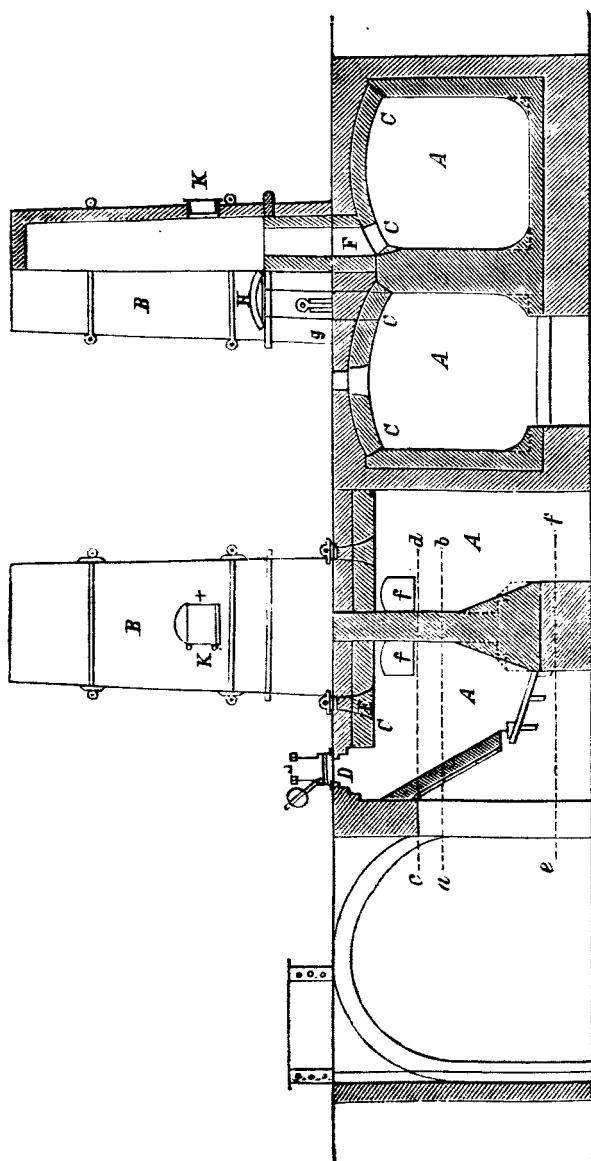
## ГЛАВА ВТОРАЯ.

### Устройство генератора.

На чертежахъ 1 и 2-омъ показано устройство стариннаго типа генератора Сименса для каменнаго угля, самаго несовершеннаго, но и самаго распространеннаго у насъ, поэтому привожу его описаніе раньше другихъ.

Главная часть генератора—топка; кромѣ того существенными частями его являются газопроводныя трубы и засыпныя коробки. Четыре топки

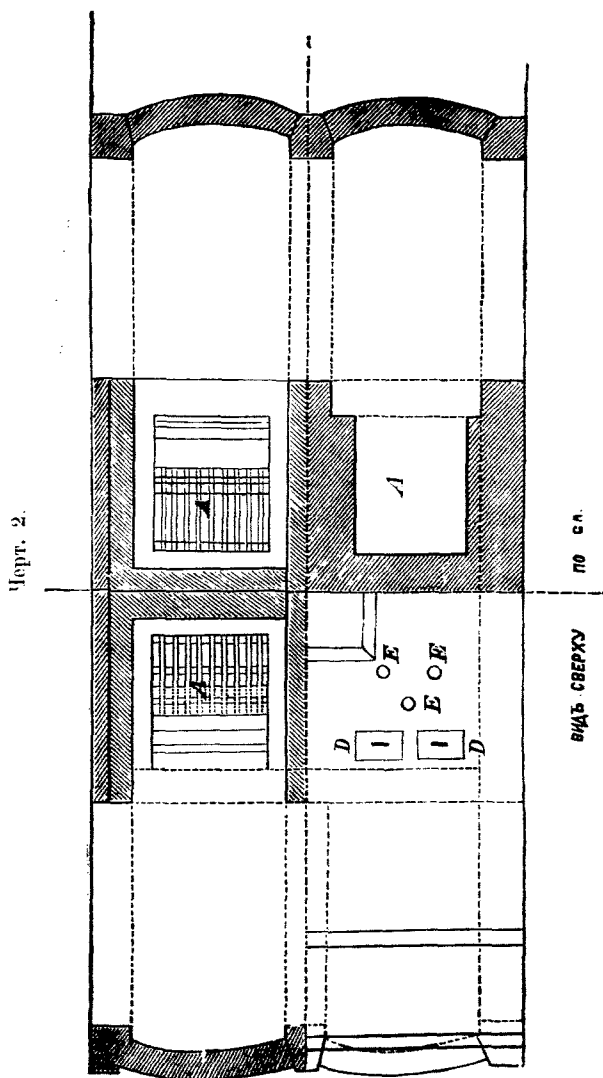
Черт. 1.



(А) соединены вмѣстѣ при посредствѣ столба (В). Каждая топка ограничена тремя вертикальными стѣнками изъ огнеупорнаго кирпича и чет-



вертой — наклонной, наружная часть которой состоит из выдвинутой чугунной доски, покрытой слоем огнеупорного кирпича, составляющего



внутреннюю часть стѣны. Толщина стѣны около 45 сант., причемъ только внутренняя часть ихъ сложена изъ огнеупорнаго кирпича (шамота), а

наружная—изъ обыкновеннаго. По Ледебуру\*) толщина стѣнокъ для генераторовъ съ наружнымъ покровомъ и для построенныхъ въ выемкѣ грунта—20—25 сант., а для генераторовъ, построенныхъ отдѣльно, безъ наружнаго покрова, отъ 40 до 80 сант., въ зависимости отъ высоты и поперечныхъ размѣровъ генератора. Первые числа слѣдуетъ признать слишкомъ низкими. Вверху топки перекрыты сводами (*ce*) (чер. 1), въ которыхъ имѣются отверстія: *D*—для засыпныхъ коробокъ (по два въ каждой топкѣ), *E*—для пробокъ и *F*—для прохода газа въ столбъ. Внутренняя часть свода, такъ же какъ и стѣнъ, сложена изъ огнеупорнаго кирпича, а наружная—изъ обыкновеннаго; на послѣдней имѣется настилка, покрытая чугунными плитами. Въ одной (лучше въ нѣсколькихъ) чугунной доскѣ сдѣлано небольшое отверстіе, діаметромъ въ 35 мм., немного больше діаметра шомпола для шурованія, закрываемое герметически, чугуною пробкою. Діаметръ отверстія (*E*) въ сводѣ гораздо больше перваго, чтобы шомполу при шурованіи можно было придавать наклонное положеніе. Это отверстіе (лучше ихъ дѣлать два, три) служитъ, главнымъ образомъ, для наблюденія за ходомъ генератора, а также и для шурованія: второе такое же отверстіе, помѣщенное рядомъ съ засыпной коробкою, служитъ исключительно только для шурованія: черезъ него удобно сталкивать уголь, задерживающійся на наклонной стѣнѣ топки.

Отверстія (*D*) для засыпныхъ коробокъ расположены надъ верхней частью наклонной стѣны топки, такъ что уголь изъ коробокъ, падая на верхнюю часть ея, скатывается внизъ и равномерно распредѣляется по всей ширинѣ топки. Болѣе равномерное распредѣленіе угля по длинѣ топки достигается шурованіемъ. Оба отверстія для коробокъ въ каждой топкѣ расположены у поперечныхъ стѣнъ ея. Нижнія части отверстій шире верхнихъ, чтобы уголь падалъ въ топку болѣе широкою полосою.

Внизу топки расположены горизонтальные колосники (собственно нѣсколько наклонные), а выше ихъ ступенчатые, составляющіе продолженіе наклонной стѣны топки. Горизонтальные колосники опираются на трехъ поперечныхъ чугунныхъ подставкахъ, вдѣланныхъ въ поперечныя стѣны топки. Въ задней стѣнѣ (противъ наклонной) имѣется уступъ, на который заходятъ временные колосники, при смѣнѣ постоянныхъ—(см. ниже гл. IV). Они приготовляются изъ полосоваго желѣза; срокъ службы ихъ отъ одной до двухъ недѣль, по истеченіи котораго ихъ приходится замѣнять новыми такъ какъ они сильно коробятся отъ жара.

Ступенчатые колосники отливаютъ изъ чугуна; срокъ службы ихъ гораздо продолжительнѣе (нѣсколько мѣсяцевъ), такъ что ихъ смѣняютъ при ремонтѣ генератора. Число ступенекъ двѣ, три и болѣе. Низшая изъ

\*) Тамъ-же, какъ выше.

нихъ служить для поддержанія горизонтальныхъ колосниковъ. Ступенчатые колосники поддерживаются тремя вертикальными чугунными стойками. Верхняя ступенька поддерживаетъ нижнюю часть чугуннаго фартука, который состоитъ изъ трехъ досокъ, скрѣпляемыхъ между собою болтами. Только нижнюю доску фартука приходится замѣнять новой, такъ какъ только она перегораетъ. Вверху и внизу досокъ имѣются трехгранныя, чугунные подставки. Ступенчатые колосники не совпадаютъ въ одну плоскость съ наклонною стѣнкою, чтобы мелкій уголь не проходилъ сквозь нихъ несорѣвшимся.

На чер. 1 пунктиромъ показаны выступы поперечныхъ стѣнъ, прямоугольной формы, а полной линіей—скругленія этихъ выступовъ. Прямоугольные выступы обуславливаютъ мертвый слой горячаго, не участвующаго въ образованіи газа, а потому должны быть избѣгаемы при постройкѣ генераторовъ, они даютъ возможность неразложившемуся воздуху проникать въ генераторъ, что влечетъ за собою увеличеніе содержанія углекислоты въ газѣ.

Площадь колосниковъ, называемая площадью рѣшетки, оказываетъ существенное вліяніе на количество горячаго, сгорающаго въ опредѣленный промежутокъ времени, которое, въ свою очередь, зависитъ отъ расхода теплоты, необходимаго для данной печи. Слишкомъ малые размѣры рѣшетокъ обуславливаютъ холодный ходъ генератора, при которомъ получается большое количество смолы и газъ, бѣдный содержаніемъ окиси углерода. Чрезмѣрно большіе размѣры рѣшетки и генератора затрудняютъ уходъ за нимъ и влекутъ къ частымъ разстройкамъ хода его. По Штейнманну\*) площадь рѣшетки отдѣльнаго генератора не должна превышать двухъ квадратныхъ метровъ, а въ случаѣ необходимости въ большемъ расходѣ газа слѣдуетъ устраивать нѣсколько генераторовъ. Площадь живаго сѣченія рѣшетки при горизонтальныхъ колосникахъ составляетъ  $\frac{3}{4}$ — $\frac{2}{3}$ , а при ступенчатыхъ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$  всей площади рѣшетки.

Количество горячаго, сгорающаго въ опредѣленное время на одномъ квадратномъ метрѣ рѣшетки зависитъ отъ тяги и отъ свойствъ горячаго. По Ледебурю \*\*) при обыкновенной генераторной тягѣ на одномъ квадратномъ метрѣ рѣшетки сгораетъ въ 1 ч. 40—50 кил. каменнаго угля, а при сильной тягѣ—60 кил. (напр. въ печахъ Бишеру, или Бюэциуса). При коксовыхъ генераторахъ съ горячимъ ходомъ въ 1 часъ сгораетъ 60—80 кил. кокса. Генераторъ для торфа въ Моталѣ расходуетъ въ 1 ч. на 1 квадрат. метрѣ рѣшетки 0,3 куб. метра торфа, который вѣситъ около 100 кил. Генераторъ Гроба-Люрмана расходуетъ въ 1 ч. на 1 квадрат.

\*) Compendium der Gasfeuerungen.

\*\*) Die Gasfeuerungen.

метръ рѣшетки 70 до 100 килогр. каменнаго угля. Толщина слоя горячаго зависить частью отъ качества его, а частью отъ тяги. При мелкоомъ, плотно-слеживающемся буромъ углѣ толщина слоя его должна быть около 0,6 метра; при крупныхъ кускахъ бурога угля—0,7 мет.; при каменномъ углѣ и коксѣ—0,75--0,8 мет.; при торфѣ и деревѣ 1—1,5 мет.

Площадь рѣшетки генераторовъ, показанныхъ на чер. 2, равна 2 кв. метр. (каждой топки). Вычислимъ количество угля, сгорающаго въ 1 ч. на 1 кв. метрѣ этой рѣшетки на основаніи данныхъ двухлѣтней производительности стали и расхода угля.

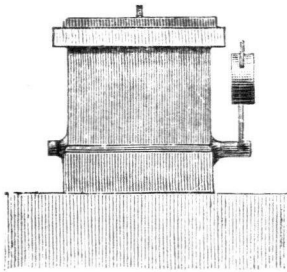
Въ круглыхъ числахъ, въ теченіе двухъ лѣтъ, въ 10 печахъ, отопляемыхъ вышеуказанными генераторами, выплавили 4.800,000 пуд. стали и израсходовали 2.530,000 пуд. каменнаго угля, такъ что на одинъ пудъ стали расходовали 0,53 пуд. каменнаго угля. Мѣсячная производительность одной печи колебалась между 30,000 пуд. и 44,000 пуд. стали, слѣдовательно суточная производительность печи 1000—1500 пуд., то расходъ каменнаго угля на каждую печь  $1000 \times 0,53 = 530$  пуд. — 800 пуд., переводя въ килограммы, получимъ 8390 кил. — 13120 кил. Причемъ каждая печь отапливалась газомъ, получаемымъ изъ четырехъ топокъ, такъ что расходъ угля въ каждой топкѣ въ теченіи одного часа колебался отъ  $\frac{8690}{24 \times 4} = 90$  кил. до  $\frac{13120}{24 \times 4} = 136$  кил., а такъ площадь рѣшетки въ каждой топкѣ равна 2 кв. метр. (площадь горизонтальныхъ колосниковъ равна 1,5 метр., а ступенчатыхъ—0,5 метр.), то на 1 кв. метрѣ рѣшетки въ теченіи 1 ч. сгорало отъ 45 до 68 кил., въ среднемъ 56 килограммовъ угля.

Часть угля не сгораетъ въ топкѣ, а падаетъ въ зольникъ, откуда его извлекаютъ и отдѣляютъ отъ золы просѣиваніемъ, получая, такъ называемые, старки. Если количество старокъ принять около 5% всего количества угля, то вышеприведенное число 56 кил. уменьшится до 53 кил. Но и это послѣднее число слишкомъ велико, что зависить отъ несовершенствъ устройства генераторовъ и газовыхъ аппаратовъ, пропускающихъ всегда часть газа прямо въ дымовую трубу.

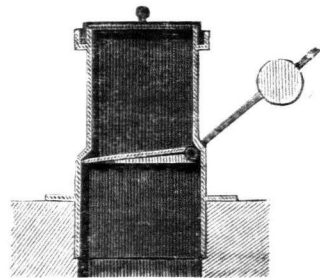
Для примѣра вычислимъ экономическую потерю въ производствѣ, обусловленную этими недосмотрами заводской администраціи. Принимая по Ледобуру, часовой расходъ угля въ генераторѣ въ 45 кил., найдемъ, что въ данномъ генераторѣ расходовалось угля на 8 кил. больше, т. е. почти на 16%, слѣдовательно при двухлѣтнемъ расходѣ, каменнаго угля въ 2.530,000 пуд. напрасно истрачено 405.000 пуд. каменнаго угля, а при цѣнѣ 18 коп. за пудъ угля экономическая потеря выразится суммою въ 73.000 рублей, т. е. въ годъ заводъ теряетъ 36,500 руб. только на одномъ каменномъ углѣ.

Подъ колосниками находится зольникъ, въ который падаетъ зола сгорѣвшаго угля и мелкіе куски послѣдняго, несгорѣвшіе въ топкѣ; они тухнуть въ золѣ, вывозятся вмѣстѣ съ нею и отдѣляются просѣиваніемъ или лучше промываніемъ, причемъ получаютъ сгарки, идущія для обжига доломита, для кузнечныхъ горновъ и проч., такъ какъ они представляютъ собою хорошей коксъ. Зольникъ ограниченъ основаніями стѣнъ топокъ, сложенными изъ обыкновеннаго кирпича; каждые 12 часовъ необходимо очищать его отъ золы и сгарокъ, которые затрудняютъ доступъ воздуха въ генераторъ. Очистка зольника, какъ и вообще весь уходъ за генераторами, принадлежитъ къ самымъ тяжелымъ работамъ въ сталеплавильномъ дѣлѣ.

Черт. 3.



Черт. 4.



Отверстія *D* въ сводѣ закрываются засыпными коробками, показанными на черт. 3 и 4. Они состоятъ изъ четырехугольнаго чугунаго ящика, закрываемаго желѣзною крышкою, входящей въ желобокъ, расположенный вверху коробки и заполняемый пескомъ, или водою для герметичности затвора. Внизу коробка снабжена приливами, устанавливаемыми на кирпичномъ основаніи, надъ отверстіемъ въ сводѣ генератора. Въ одномъ изъ этихъ приливовъ имѣется отверстіе для шурованія. Нижняя часть коробки расширена; въ ней движется на оси чугунный клапанъ плотно закрывающій верхнюю, болѣе узкую часть коробки. Ось поворачивается при помощи рычага съ противовѣсомъ. Въ Англии и Америкѣ завалку угля въ генераторы производятъ механическимъ путемъ. Уголь подвозятъ по воздушной желѣзной дорогѣ надъ генераторами въ опораживающихся автоматическихъ вагонахъ, откуда онъ при открываніи затворовъ дна попадаетъ въ воронкообразныя помѣщенія, а изъ послѣднихъ въ завалочныя коробки. Онѣ снабжены задвижками, укрѣпленными на одномъ общемъ валу, при поворачиваніи котораго ручкою открываются и закрываются. Продолжительность передвиженія задвижки и зависящее отъ этого количество попадающаго въ генераторъ угля, могутъ быть регулированы положеніемъ ручки. Уходъ за 12-ю генераторами при такомъ

устройство требует одного мастера, одного засыпщика и трех человек для вывоза золы, которые одновременно открывают вагоны угля для опораживания. В последнее время дѣлают опыты замѣны засыпщика электрическимъ приводомъ, которымъ могъ бы управлять мастеръ. Засыпаютъ уголь въ генераторъ при помощи такихъ коробокъ слѣдующимъ образомъ: при закрытомъ клапанѣ наполняютъ коробку углемъ, закрываютъ крышкою и опускаютъ клапанъ, уголь падаетъ въ генераторъ, а клапанъ тотчасъ же закрываютъ; при этомъ теряется нѣкоторая часть газа, проходящая въ зазоры между крышкою и коробкою, а также наполняющая всю коробку; послѣ открыванія крышки, для вторичнаго наполненія коробки, газъ этотъ выдѣляется наружу. Эта потеря газа незначительна; она даже необходима въ виду того, чтобы воздухъ не попадалъ въ генераторъ, такъ какъ онъ образовалъ бы тамъ гремучій газъ. Если колосники генератора непрочищены, то тяга затруднена, количество газа въ генераторѣ незначительно и при открываніи коробки, или пробки часть воздуха можетъ проникнуть въ генераторъ. Во всѣхъ остальныхъ случаяхъ всегда газъ выдѣляется изъ генератора при открываніи какого нибудь отверстія, т. е. давленіе газа въ генераторѣ больше атмосфернаго давленія.

Особенно важной является плотная пригонка клапана къ стѣнкамъ коробки, такъ какъ щели между этими частями обуславливаютъ постоянную потерю газа.

Отверстія въ сводѣ *F*, расположенныя въ углу каждой топки у задней стѣны ея, служатъ выходами каналовъ, проводящихъ газъ изъ генераторовъ въ столбъ. Въ каждомъ столбѣ соединяются по четыре топки, такъ что нижняя часть его раздѣлена двумя поперечными стѣнами на четыре канала, оканчивающіеся чугунными задвижками, расположенными на  $\frac{1}{5}$  ч. высоты столба. Выше задвижекъ въ столбѣ имѣется одинъ только каналъ. Подъ задвижками расположены щели, ведущія въ каждый каналъ и закрываемыя чугунными крышками; отверстія эти служатъ для прочистки каналовъ *F* отъ сажи, называемыхъ *колодцами*. Прочищаютъ колодцы раза два въ недѣлю, а при плохомъ углѣ и чаще.

Выше задвижекъ въ противоположныхъ стѣнахъ столба находятся два большія отверстія, называемыя *дверцами* и служація для удаленія сажи со столба и газопроводной трубы. Отверстія эти плотно закрываются чугунными дверцами и обмазываются глиною, для полной герметичности затвора; онѣ служатъ для выжиганія газа (см. гл. IV). Толщина стѣнокъ столба выше задвижекъ равна длинѣ кирпича, а ниже задвижекъ—полоторной длинѣ ея, такъ какъ внутреннія части каналовъ сложены изъ огнеупорнаго кирпича, при чемъ толщина слоя послѣдняго равна половинѣ длины кирпича.

Поперечное сѣченіе столба уменьшается къверху и заканчивается круглымъ кольцевымъ основаніемъ бака, склепаннаго изъ желѣзныхъ ли-

стовъ, прямоугольной формы. Столбъ и бакъ составляютъ начало газопровода, продолженіе котораго состоитъ изъ желѣзныхъ, или каменныхъ трубъ. Въ одной изъ стѣнокъ бака имѣется четырехугольное отверстіе, служащее какъ для чистки смолы и сажи, такъ и для предохраненія газопроводныхъ трубъ отъ могущихъ случиться взрывовъ газа. Въ стѣнѣ противоположной клапану бака, имѣется круглое отверстіе, ведущее въ газопроводную трубу. Въ верхней части бака, имѣется круглое отверстіе, закрываемое пробкою и служащее для чистки сажи въ самомъ узкомъ мѣстѣ столба, въ которомъ къ нему прикрѣпленъ бакъ; оно называется *шейкою*. Чистка шейки производится на ходу генератора, по крайней мѣрѣ, одинъ разъ въ недѣлю, при помощи кочерги съ широкимъ концомъ, или скребка, вводимыхъ черезъ вышеупомянутое отверстіе. Отдѣленная отъ стѣны сажа падаетъ въ топку и сгораетъ.

Бакъ и газопроводныя трубы склепаны изъ листового желѣза; хотя швы листовъ склепываются очень плотно и они не пропускаютъ газа, но сама труба становится вполне герметичной только послѣ того, какъ смола и сажа покроютъ, хотя и тонкимъ слоемъ, всю внутреннюю поверхность ея. На новыхъ трубахъ, пропускающихъ всегда газъ въ сплошныхъ мѣстахъ листа (а не въ швахъ), имѣемъ наглядное доказательство, что пустоты, образующіяся въ стальныхъ болванкахъ при остываніи ихъ, не свариваются при прокаткѣ послѣднихъ, такъ какъ отверстія въ сплошномъ мѣстѣ, сквозь которыя проходитъ газъ, въ новыхъ газопроводныхъ трубахъ, являются остатками пустотъ, бывшихъ въ массѣ стали и не сварившихся при прокатываніи, хотя листы готовятъ изъ самой мягкой основной стали, сваривающейся, по современнымъ понятіямъ, хорошо.

Относительно расположенія генераторовъ слѣдуетъ замѣтить, что болѣе удобнымъ, хотя и болѣе дорогимъ, является расположеніе въ выемкѣ грунта, какъ показано на чер. 1, потому что при немъ достигается самая меньшая потеря теплоты отъ лучеспусканія стѣнокъ и удобное засыпаніе горючаго въ коробку, расположенную на поверхности, но при этомъ слѣдуетъ устроить пространное помѣщеніе передъ зольниками и свободный притокъ воздуха, для удобства удаленія золы, смѣны и проламыванія колосниковъ и вообще для всѣхъ работъ внизу генератора. Въ показанномъ на чер. 1 и 2 генераторѣ вышеуказанное пространство устроено крайне плохо, такъ что работать въ немъ очень трудно.

Гдѣ свойства грунта не позволяютъ дѣлать выемки, располагаютъ генераторы на поверхности, причемъ кладку приходится дѣлать гораздо толще, укрѣплять ее особыми связями, или снабжать весь генераторъ листовымъ желѣзнымъ покровомъ. Устройство такихъ генераторовъ гораздо сложнее и работаютъ они не такъ экономично, вслѣдствіе большой по-

тери теплоты отъ лучеиспусканія стѣнокъ, а особенно затруднительна завалка въ нихъ горячаго матеріала, который приходится поднимать на значительную высоту.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### Затапливаніе генератора и пускъ газа.

Когда генераторъ построенъ, его предварительно хорошенько просушиваютъ, растопляя въ немъ дрова. Для *растопки на газъ* просушеннаго генератора, покрываютъ всю поверхность колосниковъ дровами, зажигаютъ ихъ на ступенчатыхъ колосникахъ, даютъ разгорѣться, прибавляютъ дровъ черезъ засыпныя коробки и, когда они прогорятъ отчасти, засыпаютъ уголь сначала небольшими порціями, а когда послѣдній разгорится, увеличиваютъ количество засыпаемаго угля до тѣхъ поръ, пока вся поверхность колосниковъ покроется слоемъ угля толщиной въ нѣсколько дюймовъ. Уголь постепенно разгорается, образуемая внизу топки углекислота отчасти разлагается въ верхнихъ слояхъ его, образуя окись углерода; когда количество ея дойдетъ 6—8<sup>0</sup>/<sub>10</sub> по объему, то газъ можно зажигать въ печи. При растопкѣ генератора задвижки и пробки должны быть закрыты, а крышки и клапаны коробокъ—открыты. Въ началѣ изъ коробокъ выдѣляется густой, черный дымъ, цвѣтъ котораго постепенно переходитъ въ свѣтло-сѣрый, а когда въ немъ замѣтенъ желтоватый отбѣнокъ (отъ паровъ смолы), служащій признакомъ *готоваго газа*, послѣдній пробуютъ зажигать; онъ загорается, но по временамъ потухаетъ, а по мѣрѣ разгоранія генератора, т. е. увеличенія количества окиси углерода, а главнѣйше, смолы въ газѣ, пламя изъ коробокъ увеличивается и, наконецъ, становится сплошнымъ. Анализъ пробы газа, взятой въ это время изъ генератора (изъ пробки), показалъ содержаніе окиси углерода 2—4<sup>0</sup>/<sub>10</sub>; однако, слѣдуетъ замѣтить, что количество окиси углерода въ газѣ быстро возрастаетъ, такъ что проба, взятая черезъ 5-ть минутъ послѣ 1-й по анализу, содержала 7% окиси углерода (газъ этотъ пустили въ печь, гдѣ онъ тотчасъ же загорѣлся). Когда газъ въ коробкахъ разгорится сплошнымъ пламенемъ, клапаны послѣднихъ закрываютъ, засыпаютъ въ коробки угля (чтобы окончательно потушить пламя), и закрываютъ коробки крышками; задвижки въ столбѣ понемногу открываютъ и пускаютъ газъ въ газопроводныя трубы, изъ которыхъ онъ поступаетъ въ люкъ передъ печью (около газоваго аппарата), такъ какъ поднимаютъ его крышку для тяги. Такимъ образомъ газъ вытѣсняется постепенно воздухъ изъ всего газопровода. При открываніи крышки люка выдѣляется



сначала смѣсь газа съ воздухомъ, она сѣровато чернаго цвѣта, вполне сходна съ дымомъ. По мѣрѣ вытѣсненія воздуха изъ газопровода цвѣтъ газа становится свѣтлѣе, а затѣмъ принимаетъ желтоватый оттѣнокъ. Последний, какъ сказано выше, зависитъ отъ мельчайшихъ шариковъ (паровъ) смолы, присутствіе которыхъ указываетъ на содержаніе въ газѣ нѣсколькихъ процентовъ окиси углерода и на пригодность его для горѣнія. Присутствіе смолы въ газѣ опредѣляется не только по цвѣту его, но и на ощупь; для этой цѣли въ выдѣляющійся газъ опускаютъ на нѣкоторое время руку, на которой осаждаются капельки смолы, замѣтныя при растираніи. Последний признакъ въ совокупности съ цвѣтомъ газа можетъ служить достаточнымъ руководствомъ при пускѣ газа въ печь и устраняетъ необходимость въ газовомъ анализѣ. Кроме того, до пуска газа необходимо провѣрить состояніе генератора, въ которомъ должно быть достаточно разгорѣвшагося угля, такъ называемый *прогаръ*, такъ какъ при этомъ углекислота, образующаяся въ нижней части топки, разлагается въ соприкосновеніи съ раскаленнымъ углемъ и даетъ окись углерода.

Когда газъ пригоденъ для заживанія, закрываютъ крышку люка, обсыпаютъ ее пескомъ, для достиженія полной герметичности, и поемногу приподнимаютъ круглый клапанъ газоваго аппарата. Заслонка у дымовой трубы (называемая для краткости *тляюю*) при этомъ должна быть открыта вполне, такъ что газъ быстро проходитъ въ газовый аппаратъ, въ одинъ изъ каналовъ передъ печью, въ газовую камеру, въ вертикальные газовые каналы и поступаетъ въ печь, гдѣ горящія дрова должны быть придвинуты къ самымъ выходамъ каналовъ, чтобы газъ тотчасъ по поступленіи въ печь загорался, а не смѣшивался съ имѣющимся въ послѣдней воздухомъ, что можетъ повлечь за собою взрывъ. Когда газъ воспламенится, перестаютъ увеличивать притокъ его и тотчасъ открываютъ воздушный клапанъ, чтобы доставить въ печь необходимый для горѣнія газа воздухъ. Черезъ 10—15 мин. увеличиваютъ притокъ газа и воздуха въ печь, открываютъ вполне задвижки въ генераторахъ и черезъ новыя 15 м. совсѣмъ поднимаютъ клапанъ газоваго аппарата, чтобы въ печь притекало возможно больше газа, для болѣе быстрого ея нагрѣванія. Черезъ два-три часа, послѣ пуска газа, приходится перемѣнять направленіе его, чего нельзя сдѣлать простымъ перекидываніемъ клапановъ, такъ какъ при этомъ можетъ произойти взрывъ. Для этой цѣли запираютъ вполне притокъ газа и воздуха въ печь, перемѣняютъ положеніе эллиптическихъ (перекидныхъ) клапановъ и только тогда открываютъ поемногу газовый клапанъ; когда газъ проникнетъ въ печь и воспламенится, прекращаютъ подниманіе газоваго клапана и открываютъ воздушный, а черезъ нѣ-

сколько минут поднимаютъ вполнѣ газовый, а за нимъ и воздушный клапаны.

Не слѣдуетъ удалять дровъ, горѣвшихъ въ печи до пуска газа, потому что газъ можетъ потухнуть, а это часто влечетъ за собою взрывъ его. Когда печь на столько нагрѣется, что газъ въ ней самъ по себѣ воспламеняется, то нѣтъ нужды поддерживать въ ней постоянное пламя (что выполняется догорающими въ печи дровами).

Вся вышеописанная операція пуска газа опасна, требуетъ большой осторожности и навыка. Случающіеся при пускѣ газа болѣе или менѣе значительные взрывы чаще всего происходятъ отъ недостаточно полного вытѣсненія воздуха изъ газопровода, или отъ негерметичности послѣдняго, такъ что воздухъ проникаетъ въ газопроводъ и образуетъ гремучій газъ. Избѣжать взрыва легко при тщательномъ и умѣломъ уходѣ за генераторомъ.

Если одинъ общій газопроводъ ведетъ къ двумъ печамъ, изъ которыхъ одна въ ходу, то пускъ газа въ другую печь значительно упрощается, такъ какъ весь газопроводъ въ этомъ случаѣ наполненъ газомъ и остается только зажечь газъ въ печи. Въ такомъ случаѣ прибавляютъ только двѣ-три топки въ генераторахъ, и когда онѣ хорошенько разгорятся, пускаютъ газъ изъ нихъ въ газопроводъ, уменьшаютъ притокъ газа въ дѣйствующую печь и понемногу открываютъ газовый клапанъ въ холодную печь, въ которой горитъ дрова. Какъ только газъ загорится, перестаютъ увеличивать притокъ его и открываютъ воздушный клапанъ, а черезъ нѣсколько минутъ пускаютъ въ печь больше газа. Въ этомъ случаѣ приходится пускать вполнѣ готовый газъ (богатый окисью углерода), который очень легко воспламеняется и потому пускъ его не сопряженъ съ затрудненіями, но и взрывъ такого газа (*сухая*) гораздо опаснѣе, чѣмъ *сырая*, т. е. не вполнѣ готового.

Если къ двумъ печамъ ведетъ одинъ газопроводъ, съ которымъ соединено восемь топокъ (по четыре къ одному столбу), то въ началѣ обыкновенно растопляютъ только шесть топокъ, а впоследствии прибавляютъ остальные, когда въ нагрѣтой печи понадобится больше газа.

Первоначально пущенный газъ въ печь—холодный, онъ при горѣніи поднимается къ своду и только по мѣрѣ разогрѣванія печи струя горячаго газа принимаетъ свое обычное направленіе, совпадающее приблизительно съ направленіемъ каналовъ при выходѣ ихъ въ плавильное пространство.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

**Генераторъ въ ходу и гашеніе его.**

Когда генераторъ затопленъ, то уходъ за нимъ сводится къ слѣдующимъ несложнымъ операціямъ: а) прибавленіе горючаго, б) шурованіе, в) проламываніе колосниковъ, г) перемѣна ихъ, д) удаленіе золы и е) чистка сажи.

а) *Прибавленіе горючаго*—самая простая, но и самая важная работа. Горючее слѣдуетъ прибавлять небольшими порціями, черезъ опредѣленные промежутки времени, чтобы сохранить, по возможности, слой горючаго на колосникахъ одинаковой толщины. При каменномъ углѣ и генераторахъ, показанныхъ на чер. 1 и 2 слѣдуетъ засыпать шесть коробокъ въ часъ, т. е. по двѣ коробки черезъ каждыя двадцать минутъ. Получающійся при этихъ условіяхъ газъ содержитъ около 24% окиси углерода и до 3% углекислоты. Всѣ неполадки въ ходѣ генератора, а главное, колебанія въ химическомъ составѣ газа, зависятъ главнымъ образомъ отъ несвоевременнаго засыпанія угля. Такъ какъ горѣніе въ генераторѣ идетъ непрерывно, что чаще всего рабочий пропускаетъ одну, двѣ закладки угля, а затѣмъ, желая наверстать это, сразу засыпаетъ 6—8 коробокъ. Вслѣдствіе такого ухода вначалѣ получается газъ, богатый углекислотою, а потомъ углеводородами (смолою), причеиъ онъ въ обоихъ случаяхъ бѣденъ окисью углерода. Большое количество горючаго, засыпаемое сразу, обуславливаетъ холодный ходъ генератора, т. е. полученіе значительнаго количества смолы и сажи. Поправить ходъ такого генератора можно только черезъ 1—1½ ч., если не прибавлять въ это время вовсе горючаго; причеиъ часть имѣющагося въ генераторѣ угля сгоритъ, и образуется слой его надлежащей толщины, при которомъ почти вся углекислота восстанавливается въ окись углерода. Толщина слоя угля, по вышеуказанному, должна быть около  $\frac{3}{4}$  метра. Если нѣкоторое время не подбавлять угля въ генераторъ, то слой его на колосникахъ уменьшится настолько, что часть углекислоты пройдетъ черезъ него неразложенной и газъ станетъ бѣднымъ окисью углерода. Поправить ходъ такого генератора можно постепеннымъ прибавленіемъ угля, черезъ небольшіе промежутки времени (мит. 10), а не одновременною закладкою большаго количества его.

Указателями состоянія генератора служатъ отверстія (Е см. чер. 2), закрываемыя пробками и для краткости называемыя *пробками*. Въ эти отверстія (открываемыя только для наблюденія, или шурованія) виденъ верхній слой горючаго. Если онъ темный, то это указываетъ, что горю-

чаго слишкомъ много, оно еще не все разгорѣлось и въ газѣ получается много смолы. Въ такихъ случаяхъ нельзя подбавлять свѣжаго угля, но необходимо дать прогорѣть имѣющемуся уже въ генераторѣ. Это холодный ходъ послѣдняго. Если въ пробку виденъ раскаленный слой угля (что называютъ прогаромъ), то ходъ генератора нормальный при выдѣленіи изъ отверстія (Е) значительнаго количества газа желтовато-сѣраго цвѣта, но если при прогарѣ изъ отверстія выдѣляется мало газа, сѣрвато-темнаго цвѣта, то это указываетъ на слишкомъ тонкій слой горячаго на колосникахъ (газъ при этомъ богатъ углекислотою). Въ этомъ случаѣ необходимо подбавить горячаго, засыпая по двѣ коробки черезъ небольшіе промежутки времени, пока газъ приметъ свой нормальный цвѣтъ.

По вышеуказанному, въ зависимости отъ ухода за генераторомъ мѣняется и составъ газа, а такъ какъ ночью, въ особенности къ утру, уходъ за генераторомъ чаще всего бываетъ небрежнымъ, то и газъ утромъ бѣднѣе окисью углерода, нежели днемъ \*). Нормальный ходъ генератора зависитъ отъ тщательнаго ухода за нимъ.

б) *Шурованіе*. При сгораніи уголь оставляетъ золу, которая отчасти спекается (шлакуется) и затягиваетъ промежутки между колосниками. Промежутки эти прочищаютъ по всей длинѣ два раза въ сутки (одинъ разъ, въ смѣну) при такъ называемомъ, *проламываніи колосниковъ* (см. ниже). Но если количество газа въ печи недостаточно, то для увеличенія его, временно прочищаютъ колосники штангами, вводимыми въ генераторъ черезъ отверстіе (Е). При движеніи штанги въ слоѣ горячаго, мелкіе куски его проваливаются подъ колосники, а вмѣстѣ съ нимъ зола и частицы шлага, отъ чего усиливается тяга въ генераторѣ, способствующая болѣе быстрому горѣнію, поэтому увеличивается количество газа, доставляемаго генераторомъ въ печь. Такая прочистка колосниковъ штангами называется *шурованіемъ*. Шурованіемъ называютъ также распределеніе угля равномернымъ слоємъ по всей поверхности топки, чего достигаютъ, вводя штангу въ отверстіе у засыпной коробки (называемое *задней пробкою*) и сталкивая уголь, скопившійся въ нижней части наклонной стѣны топки, надъ ступенчатými колосниками. Слишкомъ частое шурованіе увеличиваетъ количество углекислоты и смолы въ газѣ, потому что при этомъ холодные (менѣе нагрѣтые) куски горячаго попадаютъ внизъ въ раскаленные мѣста и даютъ большое количество смолы, а также пропускаютъ

\*) При генераторахъ, дѣйствующихъ на дровахъ, вліяніе небрежнаго ухода отражается на болѣе продолжительный промежутокъ времени и составляетъ ту непонятную причину разстройства хода генератора по утрамъ, которой такъ удивляется авторъ статьи, помѣщенной въ „Горномъ Журналѣ“ за 1890 г. въ № , разыскивая ее въ запискахъ генератора.

часть неразложившагося воздуха, обуславливающую большее содержаніе углекислоты въ газѣ.

Шурованіе слѣдуетъ примѣнять только въ случаѣ прогара въ топкѣ, а при избыткѣ въ ней горючаго шуровать не слѣдуетъ въ виду образованія смолы и углекислоты, по вышеуказанному.

в) *Проламываніе колосниковъ.* Вышеуказанное затягиваніе промежутковъ между колосниками шлакомъ обуславливаетъ прочистку послѣднихъ черезъ каждые 12 часовъ. Прочищаютъ колосники длинными желѣзными крючками, стараясь пройти всю длину колосника отъ задней стѣнки до конца топки. Вмѣстѣ со шлакомъ и золою при этомъ въ зольникъ падаетъ много мелкаго, раскаленнаго угля, такъ что рабочіе, проламывающіе колосники, сильно страдаютъ отъ жара. Это одна изъ самыхъ тяжелыхъ работъ при генераторахъ. Прочищенное мѣсто рѣшетки легко отличить отъ затянутого по свѣтлости перваго, между тѣмъ какъ подъ затянутыми мѣстами относительно темно, что зависитъ отъ сплошнаго почти слоя золы и шлака, скопившагося въ промежуткахъ между колосниками и непронускающаго свѣта раскаленнаго угля. При углѣ, богатомъ золою, приходится проламывать колосники чаще: три раза, а иногда и четыре раза въ теченіи 24 час.

г) *Перемѣна колосниковъ.* Отъ дѣйствія жара желѣзныя полосы, служащія колосниками, прогораютъ (окисляются) и коробятся, такъ что не могутъ больше выполнять своего назначенія и замѣняются новыми. Срокъ службы желѣзныхъ колосниковъ при каменномъ углѣ около двухъ недѣль. Перемѣняютъ колосники слѣдующимъ образомъ: на первый ступенчатый колосникъ кладутъ широкія желѣзныя полосы (временные колосники) и забиваютъ ихъ до задней стѣнки, у которой онѣ попадаютъ на выступъ, затѣмъ вынимаютъ старые колосники, тотчасъ замѣняя ихъ новыми. Часть угля при этомъ падаетъ въ зольникъ и теряется (а именно слой его между старыми и временными колосниками). Во время перемѣны колосниковъ весь уголь въ генераторѣ держится на временныхъ колосникахъ, которые быстро нагреваются и гнутя, поэтому работу эту ведутъ возможно скорѣе. Конечно всѣ новые колосники на мѣстѣ, по частямъ вынимаютъ временные колосники, причемъ уголь опускается до вновь заложенныхъ.

д) *Удаленіе золы.* При проламываніи колосниковъ проваливается много мелкаго угля въ зольникъ вмѣстѣ со шлакомъ и собирающагося тамъ постоянно золою. Все содержимое зольника выгребаютъ на холодное мѣсто, заливаютъ водою, нагружаютъ на тачки и вывозятъ на свалку, гдѣ отсѣиваніемъ, или промываніемъ отдѣляютъ уголь отъ золы и утилизируютъ его подъ названіемъ *старого*, представляющихъ собою хорошій коксъ. Они идутъ, какъ сказано выше, для кузнечныхъ горновъ, или для вагранокъ.

Зола и сгарки должны быть своевременно удаляемы из зольника, потому что они затрудняют работу у колосниковъ, а также мѣшаютъ свободному доступу воздуха во всѣ мѣста рѣшетки.

е) *Чистка сажи.* Образующаяся при горѣніи угля сажа (несгорѣвшій углеродъ) осѣдаетъ на стѣнкахъ болѣе холодныхъ частей генератора, а именно: въ каналахъ, ведущихъ изъ топки въ столбъ и называемыхъ *колодцами*, во всемъ столбѣ, а въ особенности въ верхней его части, гдѣ онъ соединяется съ желѣзнымъ бакомъ (это мѣсто, какъ самое узкое, называется *шейкою*) и наконецъ, въ газопроводной трубѣ. Осѣвшая въ каналахъ сажа затрудняетъ движеніе по нимъ газа, поэтому ее приходится счищать черезъ опредѣленные промежутки времени. Колодцы, какъ подверженные больше другихъ каналовъ осажденію сажи, прочищаютъ два, или три раза въ недѣлю. Чѣмъ дольше идетъ генераторъ, тѣмъ чаще приходится чистить сажу въ его каналахъ. Для чистки колодцевъ открываютъ задвижки *G*, вводятъ черезъ образовавшееся отверстіе желѣзный стержень, согнутый на половинѣ длины подъ прямымъ угломъ, и сгребаютъ однимъ колѣномъ его сажу съ продольныхъ стѣнокъ канала, а съ поперечныхъ—часть сажи сгребаются концомъ крючка. При такой чисткѣ нѣкоторая часть сажи всегда остается на стѣнкахъ канала. Затѣмъ крючекъ вынимаютъ изъ отверстія; закрываютъ задвижку *G* и обмазываютъ ее глиною, чтобы газъ не проходилъ наружу.

Шейки столбовъ прочищаютъ разъ въ недѣлю, при помощи крючка съ широкимъ, загнутымъ концомъ, или скребка, вводимого черезъ отверстіе въ верхней части бака, закрываемое пробкою. Крючекъ при движеніи по окружности шейки отбиваетъ куски сажи, а скребкомъ удаляютъ сажу изъ выхода газопроводной трубы.

Сажа, удаленная съ какого либо изъ вышеуказанныхъ мѣстъ, падаетъ въ топку, гдѣ почти сполна сгораетъ.

Удаленіе сажи изъ всей газопроводной трубы производится только послѣ полной остановки генератора, или послѣ выжиганія газа изъ столба и всего газопровода.

---

Когда печь приходится останавливать для ремонта, то генераторъ гасятъ и выжигаютъ газъ изъ газопроводовъ. Прежде всего запираютъ круглый клапанъ газоваго аппарата, чтобы прекратить доступъ газа въ печь и ставятъ ручки перекидныхъ клапановъ *на центръ*, т. е. въ вертикальное положеніе, при которомъ эллиптическіе клапаны сохраняютъ отвѣсное положеніе и обѣ части печи (правая и лѣвая камеры) сообщаются съ дымовою трубою. При этомъ имѣющійся въ печи остатокъ газа уносится въ дымовую трубу; а печь быстрѣе остываетъ. Затѣмъ закрываютъ задвижки

въ столбѣ, чтобы прекратить доступъ газа изъ генератора въ газопроводъ открываютъ пробки и задвижки колодцевъ и зажигаютъ въ нихъ газъ. Наконецъ открываютъ немонго дверцы (R) въ столбѣ, закладываютъ въ нихъ лучину и зажигаютъ послѣднюю. Отъ нея загорается и часть газа по мѣрѣ того, какъ воздухъ поступаетъ черезъ дверцу въ столбъ. Черезъ нѣкоторое время открываютъ крышку люка, изъ котораго выдѣляется черно-бурый дымъ—это сгорѣвшій газъ, уносящій съ собою частицы сажи. Когда выдѣленіе дыма прекратится, оставляютъ еще продолжительное время люкъ открытымъ, чтобы послѣдніе остатки газа выдѣлились изъ газопровода, гдѣ его много остается въ толстомъ слой сажи. Этимъ оканчивается выжиганіе газа, но если нужно счищать сажу изъ газопроводныхъ трубъ, то не слѣдуетъ рабочимъ входить въ газопроводъ раньше, чѣмъ черезъ 10—12 час., послѣ выжиганія газа, чтобы избѣжать вреднаго для здоровья дѣйствія окиси углерода, остающейся долго въ газопроводѣ.

Если приходится удалять сажу изъ всего газопровода на ходу генератора, то прекращаютъ притокъ газа въ печь, какъ выше, закрываютъ задвижки въ столбѣ, открываютъ дверцу въ послѣднемъ, выжигаютъ газъ изъ газопровода, и открываютъ крышку люка, чтобы выдѣлить весь газъ изъ газопровода, чистку котораго производятъ черезъ клапанъ въ бакѣ надъ столбомъ. Но чтобы при этомъ газъ не проходилъ черезъ щели задвижекъ въ столбъ, на послѣднія черезъ дверцы насыпаютъ лопатами толстый слой сыраго песку. Послѣ удаленія сажи со стѣнокъ столба и передней части газопровода, падающей на слой песку въ столбѣ, выгребаютъ наружу смѣсь песку съ сажей, закрываютъ и замазываютъ дверцы столба и пускаютъ газъ въ газопроводъ, какъ сказано выше.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

### Усовершенствованные генераторы.

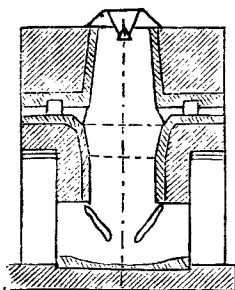
Описанія усовершенствованныхъ генераторовъ приведу въ такомъ порядкѣ, въ какомъ они появлялись въ технической литературѣ.

На собраніи германскихъ заводчиковъ 14 мая 1893 г. \*) Блезингеръ описалъ генераторъ, показанный на чер. 5, съ двойной боковой колосниковой рѣшеткою и съ дутьемъ. Подъ этого генератора, на который опираются нижнія части боковыхъ колосниковъ, состоитъ изъ кирпичной кладки, но можетъ быть замѣненъ горизонтальными колосниками. Площадь живого сѣченія боковыхъ рѣшетокъ достаточна для полного, почти, сгорания горячаго матеріала. Шахта сложена изъ кирпича въ нижней части, надъ колосниками, вертикально, въ серединѣ расширена, а сверху

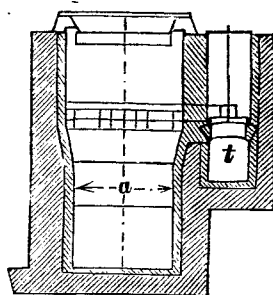
\*) Stahl und Eisen. 1893 г. 462 стр.

опять сжужена. Такой видъ шахты Блезингеръ считаетъ необходимымъ для правильнаго опусканія слоя горючаго матеріала и рациональнаго его сгорания. Газы образуются и проходятъ въ боковыхъ частяхъ генератора, вблизи его стѣнокъ, ниже верхняго слоя горючаго, что предохраняетъ отъ разогрѣванія засыпныя коробки и обусловливаетъ медленное, постепенное сгораніе угля. Образовавшіеся газы извѣстнымъ образомъ фильтруются черезъ слой горючаго. Очень важны размѣры и расположеніе боковыхъ колосниковъ. Хотя высота слоя горючаго значительна, но газы образуются, начиная съ половины этой высоты, поэтому проходятъ не слишкомъ высокій слой горючаго. Продукты сухой перегонки проходятъ сверху внизъ, а продукты горѣнія снизу вверхъ. Генераторы эти имѣютъ преимущество даже и тамъ, гдѣ нѣтъ нужды въ высокой температурѣ,

Чер. 5а.



Чер. 5б.



такъ какъ допускаютъ возможность смѣшиванія различныхъ сортовъ горючаго напр., отбросы кокса съ пламеннымъ углемъ, тощіе угли съ коксующимися и т. д.; такимъ образомъ понижается стоимость горючаго матеріала. Дутье приводится снизу посредствомъ вентилятора, или струи пара. Первый способъ гораздо лучше, хотя при немъ необходимо всегда приводить небольшое количество воды подъ колосники, въ раздробленномъ видѣ, иначе колосниковая рѣшетка сильно разогрѣвается, причѣмъ последнее тѣмъ значительнѣе, чѣмъ выше слой горючаго. Удобнѣе работать при помощи пара, такъ какъ при этомъ въ газѣ содержится значительное количество водорода, очень важнаго для получения высокой температуры; недостаткомъ являются перемены въ давленіи пара, вызывающія измѣненія не только въ количествѣ, но и въ качествѣ газа. Поэтому лучше всего приводить паръ въ генераторы изъ отдѣльнаго самостоятельнаго котла, въ которомъ давленіе можно регулировать по желанію, слѣдовательно, и количество приводимаго въ генераторъ воздуха вмѣстѣ съ паромъ можетъ быть измѣняемо произвольно. Еще лучше вдуть воздухъ вентиляторомъ, а паръ приводить отдѣльно, какъ говоритъ Шмидгаммеръ



(см. ниже стр. 36). Содержащаяся въ горючемъ матеріалѣ вода, только испаряется въ генераторѣ, но никогда не успѣваетъ разлагаться, такъ какъ она уходитъ изъ горизонтовъ, лежащихъ выше пояса горѣнія.

Для сравненія дѣйствія генераторовъ стараго и новаго типа Блезингера приводитъ слѣдующіе результаты анализовъ газовъ въ таблицѣ (I).

Таблица I.

Составъ газа.	Генераторы безъ дутья.		Генераторы съ дутьемъ.	
			Старые.	Новые (Блезингера).
	п р о ц е н т ы п о о б ъ е м у:			
CO <sub>2</sub>	7,5	4,0	2,0	
O	нѣтъ	нѣтъ	0,6	
CO	21,5	22,5	28,4	
H	0,5	6,0	9,0	
C <sub>2</sub> H.	2,5	2,1	2,1	
Сумма горючихъ составн. частей.	24,5	30,6	39,4	

Изъ этой таблицы видно, что на 100 горючихъ частей газа, получаемыхъ въ генераторахъ Блезингера, въ старыхъ генераторахъ съ дутьемъ получается только 77,6 ч., а безъ дутья—62,4 ч.

На чер. (10) показанъ усовершенствованный генераторъ Блезингера въ такомъ видѣ, въ какомъ онъ былъ представленъ на собраніи германскихъ заводчиковъ 25 апр. 1897 г. (см. Stahl und Eisen 1897 г. 396 стр.).

Въ докладѣ собранію американскихъ Горныхъ Инженеровъ въ Вичъ (Виргинія) въ февралѣ 1894 г. шведскій инженеръ Одельштерна \*) упоминаетъ о видоизмѣненномъ генераторѣ Люндина съ конденсаторомъ Вимана. Расположеніе колосниковъ и сѣченіе шахты этого генератора очень напоминаютъ вышеуказанный (чер. 5) генераторъ Блезингера. Главная разниця состоитъ въ величинѣ, такъ какъ шведскій генераторъ работаетъ на дровахъ, торфѣ или опилкахъ. Высота конической шахты 20 футъ, а наибольшій ея діаметръ находится приблизительно по серединѣ высоты, такъ что шахта имѣетъ видъ двухъ усѣченныхъ конусовъ, сходящихся нижними основаніями. Вверху шахта перекрыта чугуною плитою, въ которой помѣщена засыпная коробка (съ воронкою, а не клапаномъ), а внизу она снабжена двумя рядами боковыхъ ступенчатыхъ колосниковъ и воздухоудвными трубами. Генераторъ такъ рассчитанъ, чтобы газъ получался съ возможно меньшимъ количествомъ углекислоты; для этой цѣли объемъ его увеличенъ: онъ расходуетъ меньше топлива для по-

\*) Stahl und Eisen 1894 г. 700 стр.

лученія того же самаго количества газа, тѣмъ прежніе генераторы съ конденсаціею пара.

Прежняя конденсація пара водою, смѣшивающеюся съ генераторнымъ газомъ, имѣла то неудобство, что давала большое количество воды, загрязненной смолою и укусною кислотою, отводъ которой былъ затруднителенъ. Въ виду этого Бёрклюдъ устроилъ трубчатый, латунный конденсаторъ съ внутреннимъ охлажденіемъ водою трубокъ, но поверхность ихъ быстро загрязнялась, поэтому Виманъ видоизмѣнилъ трубчатый конденсаторъ, замѣняя трубки узкими, желѣзными ящиками, расположенными параллельно и близко другъ отъ друга. Вода поступаетъ въ нижнія части ящичковъ и выходитъ въ ихъ крышки, а газъ проходитъ между ящичками по обратному направленію. Вода изъ конденсаторовъ выходитъ чистою, а смола и укусная кислота собираются отдѣльно и могутъ быть или отвозимы далеко въ отвалъ или перерабатываемы дальше.

Опыты надъ введеніемъ и сжиганіемъ смолы въ мартеновскихъ печахъ вмѣстѣ съ генераторнымъ газомъ дали прекрасные результаты, поэтому въ Швеціи стали примѣнять меньшіе генераторы, для сушсныхъ дровъ, изъ которыхъ газъ безъ охлажденія поступаетъ въ мартеновскія печи.

Печь для сушенія дровъ состоитъ изъ трехъ цилиндровъ, листового желѣза, покрытыхъ снаружи асбестомъ, укрѣпленнымъ деревянными планками. Когда небольшая часть, опредѣленной величины, высушенныхъ дровъ вынута изъ печи, то соотвѣтственное количество сырыхъ дровъ тотчасъ же вновь закладываютъ въ нее, такимъ образомъ печь работаетъ непрерывно.

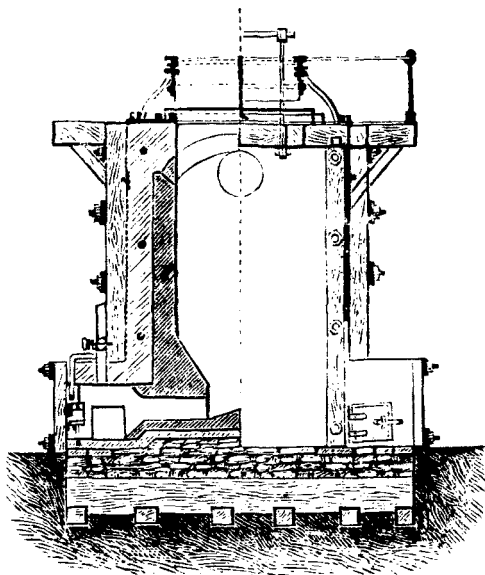
Дрова высушиваетъ токъ газовъ, состоящій изъ продуктовъ горѣнія мартеновской печи, которая вмѣсто трубы высасывается вентиляторомъ и прогоняется черезъ сушильную печь. Такъ какъ высушивающій токъ не долженъ быть выше температуры нежели  $120^{\circ}$ , то устроенъ въ газопроводѣ автоматическій регуляторъ температуры, состоящій изъ мѣдной проволоки и клапана; послѣдній отгибается и пропускаетъ холодный воздухъ, когда температура станетъ слишкомъ высокою, вслѣдствіе чего мѣдная проволока удлинняется. Такое устройство особенно важно для насъ, такъ какъ много нашихъ печей работаетъ еще на дровахъ.

Высушенные дрова горятъ въ генераторахъ, подобныхъ вышеописанному, только меньшихъ размѣровъ и безъ конденсаторовъ, такъ что они могутъ одновременно служить и для каменнаго угля.

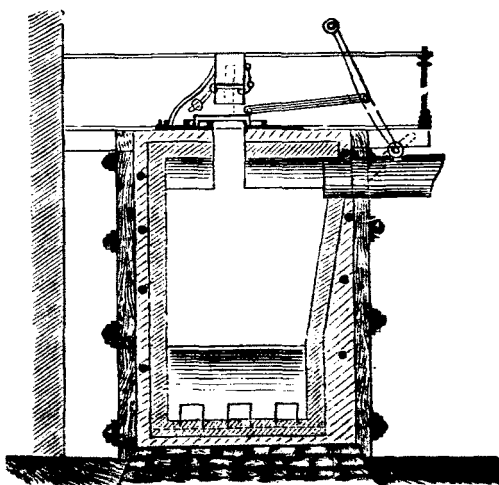
Къ числу старыхъ генераторовъ безъ дутья относится генераторъ для дровъ Воткинскаго завода, замѣчательный тѣмъ, что въ немъ вовсе нѣтъ колосниковъ, какъ видно изъ чертежа (6). Верхняя часть шахты почти вертикальна, а нижняя представляетъ усѣченную трехгранную призму, обращенную острымъ (усѣченнымъ) ребромъ внизъ. Такимъ образомъ двѣ

противуположныя стѣнки внизу толще и снабжены квадратными отверстиями, служащими для притока воздуха, въ одной изъ двухъ другихъ

Чер. 6а.



Чер. 6б.



стѣнокъ сдѣлано большое отверстие для выгребания золы, отрывающаеся въ ящикъ изъ листового желѣза. Отсутствіе колосниковъ не вызываетъ какихъ-либо затрудненій въ ходѣ генератора—тяги достаточно, но способъ

приведенія газа въ печь самый неудачный. Очень длинный газопроводъ не снабженъ конденсаторомъ для водяного пара, вслѣдствіе чего въ немъ осаждается только вся смола, которая съ пользою могла бы быть сожжена въ мартеновской печи, а вся влажность дровъ переходитъ въ видѣ водянаго пара въ печь и по громадной теплоемкости его уносить изъ печи значительное количество теплоты, не продуктивно затрачиваемой на нагрѣваніе водяного пара. При сырыхъ дровахъ температура печи слишкомъ низка (въ чемъ я имѣлъ случай убѣдиться лично), а сухія дрова не всегда имѣются въ достаточномъ количествѣ. Ни сырыхъ, ни сушеныхъ, (выше 100°) дровъ нельзя здѣсь примѣнять по особому устройству газопровода, остается примѣненіе дороже стоящихъ, сухихъ дровъ, часть теплопроизводительной способности которыхъ теряется напрасно въ видѣ выдѣляющейся смолы, а другая часть непроизводительно затрачивается на нагрѣваніе паровъ воды, содержащейся всегда въ дровахъ, сушеныхъ при обыкновенной температурѣ.

Такое же точно упрощеніе въ газопроводѣ генератора (уничтоженіе конденсаціи пара) имѣется на Александровскомъ зав. Олонцакаго Гор. округа.

Байардъ \*) при описаніи генератора Тайлѣра указываетъ на многочисленные недостатки старыхъ генераторовъ, которые приведу ниже, такъ какъ старые генераторы очень распространены въ Россіи въ настоящее время.

### **А. Генераторы безъ дутья, работающіе на сухомъ воздухѣ.**

1. Требуяютъ топлива хорошихъ качествъ, поэтому удорожаютъ производство.

2. Сгораніе на кв. метръ рѣшетки незначительно; поэтому они требуютъ много мѣста и стоятъ дорого, особенно если должны строиться подъ землею. Они не удовлетворяютъ различнымъ производствамъ и не могутъ доставлять различнаго количества газа, смотря по требованію.

3. Вслѣдствіе слабой тяги слой горячаго долженъ быть незначителенъ, а потому составъ газа непостояненъ. Неплотныя стѣнки (часто съ трещинами), пропускаютъ воздухъ и обусловливаютъ напрасное сгораніе части газа въ генераторѣ, или газопроводѣ.

4. При чисткѣ колосниковъ составъ газа самый плохой: проходящій черезъ колосники воздухъ попадаетъ въ газопроводъ и сжигаетъ тамъ часть газа изъ остальныхъ топокъ генератора.

5. Чистка колосниковъ для рабочихъ тягостна и опасна. требуетъ многочисленнаго и дорого стоящаго персонала.

\*) Stahl und Eisen. 1894. 21. 952.

6. При чисткѣ колосниковъ теряется въ видѣ мелкаго кокса количество горючаго, отвѣчающее содержанию золы въ послѣднемъ.

7. Кромѣ того чистка колосниковъ связана съ потерей теплоты, поглощаемой шлакомъ и мелкимъ коксомъ.

### **Б. Генераторы съ дутьемъ и сухимъ воздухомъ.**

Недостатки, указанные въ 1, 2 и 3, какъ обусловленные слабой тягою, не имѣютъ здѣсь мѣста, но за тѣ сильно возрастаютъ недостатки 4, 5, 6 и 7, связанные съ чисткою колосниковъ, а въ особенности 7-й, если прибавляютъ известь для получения жидкаго шлака.

### **В. Генераторы съ влажнымъ воздухомъ.**

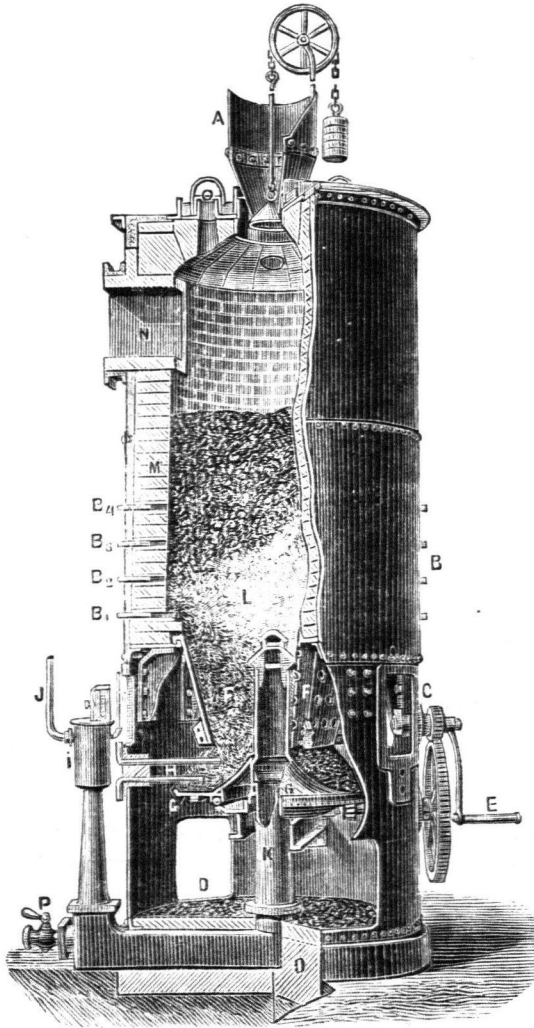
Въ сравненіи съ двумя вышеприведенными генераторъ этотъ представляетъ болѣе или менѣе значительныя улучшения, въ зависимости отъ количества приводимаго пара или воды. Если подъ колосники подводится только вода, то образование пара неравномѣрно: при свѣтлой рѣшеткѣ—большое; при затянутой шлакомъ—незначительное. Если вдувають холодный воздухъ съ влажнымъ паромъ, то при слишкомъ большомъ количествѣ пара въ генераторѣ одновременно происходитъ образование, нагрѣваніе и разложеніе пара, что производитъ значительное охлажденіе, увеличивающее образование углекислоты и позволяющее пару проходить неразложеннымъ. Послѣдній, по своей громадной теплоемкости, уноситъ изъ печи большое количество тепла. Избытокъ влажнаго пара влияетъ на быстрое изнашивание генератора. Трудности чистки колосниковъ здѣсь меньше, но все-таки имѣются потери при перемѣнѣ колосниковъ.

### **Г. Водяной газъ.**

1) Генераторы дѣйствуютъ только на коксѣ, или антрацитѣ. 2) Требуютъ больше мѣста и дороже всѣхъ предыдущихъ. 3) Составъ получаемыхъ газовъ, какъ водяного, такъ и вторичнымъ (генераторнымъ) подверженъ значительнымъ колебаніямъ, что вызываетъ необходимость въ газометрахъ. Указанныя въ 4, 5, 6 и 7 номерахъ неудобства при чисткѣ колосниковъ здѣсь значительнѣе, чѣмъ при генераторахъ съ дутьемъ, въ особенности вслѣдствіе перемѣнъ, то слишкомъ высокой, то слишкомъ низкой температуры, а также вслѣдствіе охлажденія помещенными въ поясѣ горѣнія охлаждающими ящиками. 8) При каждомъ перерывѣ или теряется газъ, или же онъ получается плохихъ качествъ. 9) Получаемый при этомъ вторичный (генераторный) газъ (при вдуваніи воздуха) трудно примѣнимъ по своимъ плохимъ качествамъ.

Въ общемъ водяной газъ развиваетъ высшую температуру; но получение его менѣе экономично, по причинѣ дороговизны устройства и горючаго, неполной утилизации послѣдняго и высокой рабочей платы.

Черт. 7.



### Д. Плохая утилизация теплоты.

Къ вышеприведеннымъ недостаткамъ современныхъ генераторовъ относятся еще и другіе, зависящіе отъ способа утилизации самаго газа. Недостатки эти проявляются:

а) у колосниковъ, потеря теплоты при заливаніи и удаленіи шлака и кокса;

б) въ генераторъ, потеря теплоты отъ лучеиспусканія, возрастающая съ увеличеніемъ размѣровъ генератора (безъ дутья), или съ возвышеніемъ температуры (генер. съ дутьемъ).

в) между генераторомъ и печью, если разстояніе это значительно и если происходитъ охлажденіе газа въ охлаждающихъ трубахъ Сименса, для сгущенія смолы.

г) за печью, если генераторъ расположенъ по возможности ближе къ печи и охлажденіе въ газопроводѣ возможно меньше.

Здѣсь слѣдуетъ различать два случая: 1-й. Если газъ проходитъ въ печь изъ генератора черезъ регенераторъ. Въ этомъ случаѣ онъ поступаетъ при температурѣ 700—800° и газовая камера не охлаждается ниже этой температуры, а потому при послѣдующемъ измѣненіи направленія газовъ продукты горѣнія оставляютъ камеры при высокой температурѣ, что и обуславливаетъ значительную потерю тепла черезъ дымовую трубу. 2-й. Если газъ не проходитъ черезъ генераторъ до поступленія въ печь. Тогда онъ охлаждается приводимымъ для горѣнія воздухомъ, вѣсъ котораго почти равенъ полуторному вѣсу газа; при смѣшеніи температура газа понижается до половины, опять происходитъ потеря теплоты въ продуктахъ горѣнія.

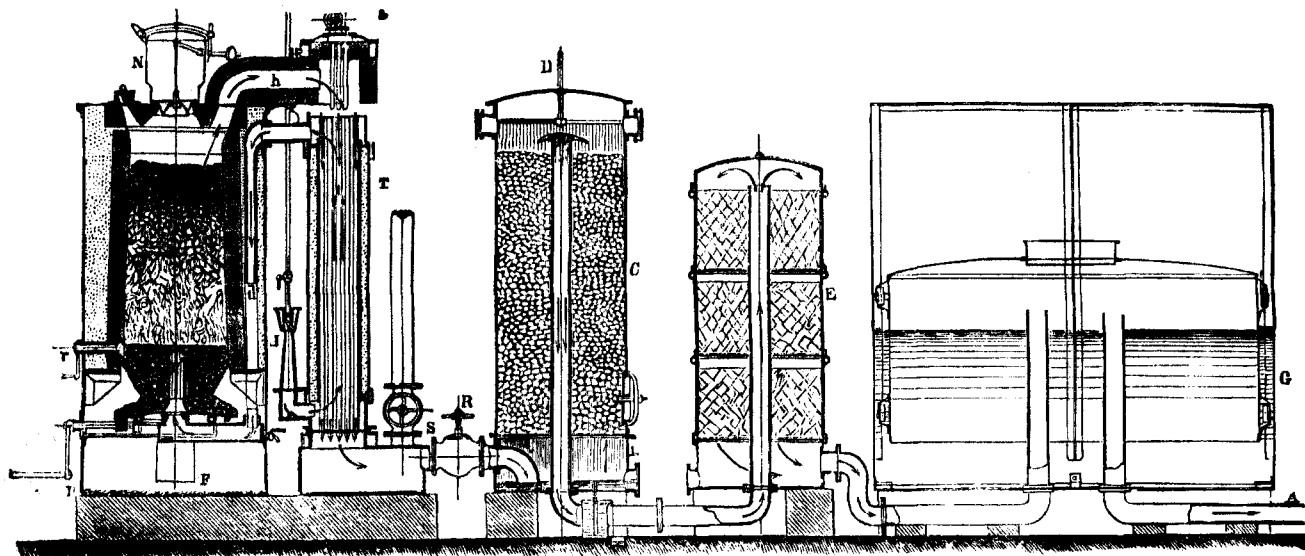
Для устраненія вышеуказанныхъ многочисленныхъ недостатковъ, было предложено нѣсколько новыхъ приборовъ, описаніе которыхъ привожу ниже

*Генераторъ Тайлера* (чер. 7). Генераторъ этотъ состоитъ изъ жѣззнаго цилиндра *RR*, выложеннаго огнеупорнымъ матеріаломъ *M*, снабженнаго засыпкою воронкою *A* и зольникомъ, запирающимся при помощи дверецъ *D*. Воздухъ доставляется въ генераторъ паровымъ инжекторомъ *I* и поступаетъ въ него черезъ центральную трубу *K*, которая служитъ осью для пластины *G*, поворачивающейся вокругъ нея при помощи рукоятки *E*.

Поясъ горѣнія начинается на 0,1 м. выше точки поступленія дутья; когда горѣніе переходитъ въ высшіе горизонты, что можно наблюдать въ отверстіи *B*, то оно можетъ быть приведено къ надлежащей высотѣ вмѣстѣ со всею массою горячаго, поворачиваніемъ пластинки *G*, безъ прекращенія дутья.

Шлакъ падаетъ въ зольникъ, очищаемый разъ въ сутки; онъ совершенно холодеетъ и содержитъ меньше 1% горячаго. При этихъ условіяхъ недостатки старыхъ генераторовъ, указанные на стр. (27), устраняются слѣдующимъ образомъ:

Черт. 8.





1. Упругость дутья измѣняется отъ 5 до 10 сан. водянаго столба, что допускаетъ примѣненіе всякаго рода горючаго.

2. Такъ какъ на 1 кв. метръ рѣшетки сгораетъ 50—100 кил. угля, то полученіе газа можетъ колебаться въ широкихъ предѣлахъ и определенный объемъ генератора можетъ дать большое количество газа.

3. При высокой упругости дутья слой горючаго долженъ быть тоже соответственной высоты, слѣдовательно нельзя опасаться перемѣнъ въ составѣ газа.

4. Чистка колосниковъ происходитъ безъ прекращенія дутья и измѣненія высоты слоя горючаго, поэтому здѣсь нѣтъ никакихъ перемѣнъ въ составѣ газа.

5. Рабочая плата при чисткѣ колосниковъ уменьшена до нисшаго предѣла, такъ какъ образующіеся при низкой температурѣ шлаки легко дробятся, трескаясь при соприкосновеніи съ холодной пластиною *G*.

6. Поясъ горѣнія всегда находится на одинаковой высотѣ и опусканіе горючаго совершается такъ равномерно, что послѣднее сгораетъ сполна, безъ образованія мелкаго кокса.

7. Удаляемый шлакъ холодеетъ, поэтому при очисткѣ шлака нѣтъ никакой потери теплоты.

### Приборъ Фише и Гэртей.

Приборъ для обмѣна теплоты (чер. 8) служитъ для подогрева воздуха и пара, вводимыхъ въ генераторъ, чтобы устранить недостатки, указанные въ *B* и *G* на стр. 28. Благодаря высокому содержанію водорода, который присоединяется къ окиси углерода, единственному продукту горѣнія тощаго каменнаго угля, вышеуказанный приборъ позволяетъ примѣнять этотъ сортъ каменнаго угля для полученія высокихъ температуръ.

Поступающій въ генераторъ воздухъ нагревается прекрасно выходящимъ изъ него газомъ, который въ свою очередь вполне охлаждается въ приборѣ. Горячій газъ сначала проходитъ по каналу *h* надъ трубами *v*, въ которыхъ подогревается паръ, поступающій по трубкѣ *a*, а затѣмъ вдуваемый инжекторомъ *j*; затѣмъ горячій газъ направляется внизъ по трубкамъ *t*, а на встрѣчу ему, окружая трубки *t*, движется снизу вверхъ воздухъ, поддерживающій горѣніе въ генераторѣ и поступающій въ него по трубѣ (*d*). Поэтому воздухъ въ генераторъ поступаетъ горячимъ, а газъ при выходѣ изъ прибора въ *S* оказывается совершенно холоднымъ. Смотря по роду горючаго, на которомъ работаетъ генераторъ, приборъ можетъ быть устанавливаемъ на различныхъ мѣстахъ, а именно:

1. При тощемъ углѣ и при коксѣ приборъ помѣщается между печью и генераторомъ. Такъ какъ образующійся въ генераторѣ газъ не содержитъ ни смолы, ни углеводовъ, то онъ можетъ быть тотчасъ же охлаждаемъ

а теплота его может непосредственно передаваться воздуху, вдвухому въ генераторъ. Когда газъ охлажденъ, его проводятъ въ промывной приборъ (Е), произвольно удаленный отъ генератора. Газъ при температурѣ 100°, находящійся подъ давленіемъ въ 50 мм. водянаго столба, требуетъ газопровода, сѣченіе котораго въ 13 разъ меньше сѣченія газопровода для газа при температурѣ въ 700°, находящагося подъ давленіемъ 10 мм. Такъ какъ этотъ газопроводъ не требуетъ кирпичной кладки, то сѣченіе его и стоимость значительно уменьшаются.

II. При жирныхъ угляхъ приборъ помѣщаютъ между печью и вытяжной трубою. Такъ какъ образующіеся въ генераторѣ газы содержатъ углеводороды, которые могутъ разлагаться при переменахъ температуры, то выгоднѣе всего помѣщать генераторъ такъ близко печи, чтобы въ ней сгорали горючіе газы, причѣмъ утилизируются всѣ углеводороды. Такъ какъ въ этомъ случаѣ камеры регенераторовъ (газовыя) не вполне остываютъ, то теплота, которая терялась бы въ вытяжной трубѣ, утилизируется приборомъ для подогрева воздуха, питающаго генераторъ. Выгоды этого способа были бы ничтожны, еслибы вводимая такимъ образомъ въ генераторъ теплота служила только для повышенія его температуры, что, наоборотъ, связано съ неудобствами. Цѣль увеличенія свободныхъ единицъ тепла въ генераторѣ состоитъ въ томъ, что онѣ расходуются на разложеніе возможно большаго количества пара, чтобы получить гораздо большее количество водянаго газа, нежели это возможно при вдвуханіи холоднаго воздуха.

При холодномъ воздухѣ и влажномъ парѣ можно вводить не больше 400 гр. пара на 1 кил. горючаго. При большемъ количествѣ пара температура пояса горѣнія въ генераторѣ такъ сильно понижается, что количество углекислоты въ газѣ быстро возрастаетъ, а генераторъ не гложетъ. При подогревомъ воздухѣ и парѣ до 300°, безъ ущерба, можно вводить 580 гр. пара на 1 кил. горючаго. Плотное горючее даетъ при этомъ газъ, содержащій по объему 14% водорода и 39% окиси углерода, 1 куб. мет. котораго развиваетъ 1537 ед. т. съ теоретической температурой въ 2280°; между тѣмъ какъ генераторъ, работающій на холодномъ и сухомъ воздухѣ даетъ 1 куб. м. газа лишь съ 1034 ед. т. и теоретическою температурою въ 1883°Ц. Поэтому теоретическія выгоды вышеуказанной смѣси газа (богатой водородомъ) могутъ быть названы весьма существенными.

Пиометрическія опредѣленія тепловаго дѣйствія смѣси ниже, чѣмъ водянаго газа, но послѣдній нашелъ ограниченное примѣненіе на практикѣ и только въ смѣси съ генераторнымъ газомъ, то въ дѣйствительности примѣняется не водяной, а смѣшанный газъ, полученіе котораго затруднительнѣе и дороже. Слѣдуетъ упомянуть, что особенно важнымъ

является отношеніе между количествомъ вдвухаемаго воздуха и пара. Это отношеніе достигается особымъ устройствомъ инжектора, а въ новѣйшее время для удобства регулированія этого отношенія воздухъ вдвухаютъ въ генераторъ помощью вентилятора, а паръ проводятъ отдѣльно, направляя его подъ всю поверхность колосниковой рѣшетки для ея охлажденія. Шпрингорумъ \*) указываетъ, что при упругости дутья отъ 80 до 100 мет. водяного столба и отдѣльно приводимомъ парѣ въ сутки сгорасть около 7 тоннъ вестфальскаго газоваго угля въ генераторѣ высотой въ 4 мет. при діам. въ 2 мет. Если генераторъ доставляетъ газъ съ вышеуказаннымъ содержаніемъ водорода, то исключается возможность взрыва при растопкѣ генератора, такъ какъ такой газъ легко воспламеняется въ холодномъ состояніи.

Хотя Фише и Гэртей самостоятельно пришли къ заключенію, что необходимо вводить въ генераторъ подогрѣтый паръ и воздухъ, доказавъ это вычисленіями и изслѣдованіями, но вопросъ этотъ уже давно и многократно разбирался въ технической литературѣ. Такъ Эренвертъ въ 1855 году указалъ на слишкомъ высокую температуру продуктовъ горѣнія въ вытяжныхъ трубахъ и вычислилъ потерю отъ несовершенной регенерациіи въ 16% пирометрической теплопроизводительной способности газа, если генераторъ значительно удаленъ отъ печи. К. Эйхгорнъ въ 1888 году говоритъ, что значительное удаленіе генератора отъ печи вызываетъ большую потерю теплоты, которая должна быть утилизирована для подогрѣванія воздуха, поступающаго въ генераторъ. Ф. Лурманъ въ 1888 г. и Лянкуше въ 1891 г. предлагали введеніе водяного пара въ генераторы и доказывали преимущество этого способа. Наконецъ, В. Шмидгаммеръ многократно (въ 1888, 89, 93, 95 и 97 гг.) разбиралъ вопросъ введенія пара въ генераторы.

Вышеописанный генераторъ Тайлѣра съ приборомъ Фише - Гэртей или безъ него представляетъ громадныя преимущества, а именно: 1) примененіе горючаго всевозможныхъ качествъ и разнороднаго состава; 2) экономію мѣста; 3) легкій уходъ; 4) равномерное образованіе газа; 5) возможность точнаго регулированія количества газа; 6) высокую теплопроизводительную способность газа; 7) уменьшеніе рабочей платы за удаленіе шлака и 8) уничтоженіе потери горючаго въ формѣ мелкаго кокса, которая достигала 10%, засыпаемаго въ генераторъ горючаго. Въ пользу этого генератора лучше всего говорить его распространеніе въ Соединенныхъ Штатахъ, которые безспорно занимаютъ первое мѣсто въ мірѣ по развитію и усовершенствованію горнозаводской промышленности.

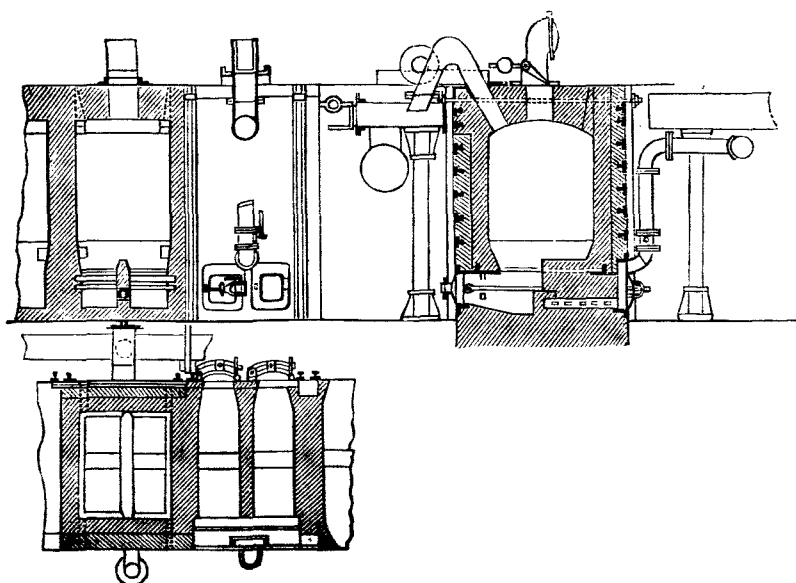
На чер. (9) показанъ генераторъ Зейллера \*\*) съ дутьемъ. Онъ со-

\*) Stahl u. Eis. 97 г. № 10, 397 стр.

\*\*) Видоизмѣненъ и построенъ въ 1896 г. на заводѣ въ Резичѣ Е. Шмидгаммеромъ.

стоитъ изъ четырехъ шахтъ, построенныхъ другъ возлѣ друга и составляющихъ одинъ столбъ; онъ приспособленъ къ горѣнію брикетированнаго каменнаго угля, поэтому снабженъ плоскими колосниками,  $40 \times 40$  мм. сѣченіемъ. Для болѣе удобнаго выдѣленія шлака на 150 мм. выше главной колосниковой рѣшетки поперекъ ея помѣщена вторая рѣшетка. Каждая шахта подъ колосниками раздѣлена двумя перекрещивающимися стѣнками на четыре равныя отдѣленія, причемъ рѣшетка распадается на четыре маленькія рѣшетки, которыя легко держать въ исправности. Полосы колосниковъ передними концами лежатъ на балкѣ, а задними на

Чер. 9.



поперечной стѣнкѣ, покрытой желѣзной полосой. Последнюю защищаетъ отъ сгорания зола, всегда ее покрывающая. Ширина рѣшетки незначительна, такъ что чистка ея не представляетъ затрудненій. Дутье приводится четырехугольною, чугуною трубою съ соответственными боковыми отверстиями. Воздухъ доставляется въ эти трубы снаружы посредствомъ электрическаго вентилятора «Энке». Зольникъ у дверей имѣетъ углубленіе для воды, испареніемъ которой охлаждаются колосники. Для герметическаго закрыванія зольниковъ служатъ двѣ пары чугуновыхъ дверей, расположенныя на противоположныхъ сторонахъ шахтъ; дверцы шириною въ 600 мм. запираются помощью Мортонскаго затвора. Эта небольшая величина отверстій оказалась достаточною для чистки колосниковъ, а

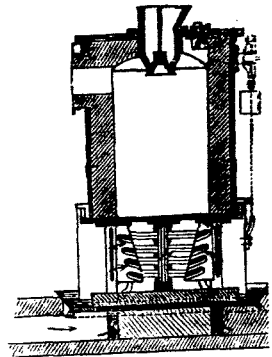
имѣеть то преимущество, что рабочіе не страдаютъ отъ жара большой, раскаленной поверхности.

Для завалки горячаго матеріала служить клапанный аппаратъ, засыпные ящики котораго оканчиваются вверху боковыми отверстіями, закрываемыми дверцами Мортонна. Это расположеніе удобно для засыпанія горячаго лопатами. Внутренность шахты соединяется съ газопроводомъ помощью винтовой задвижки, вполне отдѣляющей каждую шахту отъ прочихъ и легко очищаемую. Она содержитъ предохранительный клапанъ отъ взрывовъ газа.

Одинъ такой генераторъ съ дутьемъ, при ширинѣ шахты внутри въ 1,5 метра доставляетъ достаточное количество газа для мартен-печи съ завалкою въ 7 т. Три печи снабжены одною общею вытяжною трубою въ 50 м. высотой.

На черт. (10) показанъ генераторъ съ дутьемъ и ступенчатыми колосниками, усовершенствованный г. Туршиллемъ. Измѣненіе состоитъ въ томъ, что желѣзный колоколь, вокругъ зольника, поднимается, а это позволяетъ удалять золу и шлакъ, не прерывая хода генератора. Верхъ и низъ цилиндрическаго колокола заперты водяными затворами. Дутье изъ вертикальныхъ щелей въ колоннахъ поступаетъ подъ ступенчатые колосники. Форма генератора цилиндрическая; отводъ газа боковой; кромѣ засыпной воронки для завалки горячаго имѣется въ верху шахты кранъ, который служитъ для выпуска газа, при остановкѣ генератора и для наблюденія за его ходомъ.

Чер. 10.



## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### Составъ, свойства и условія образованія генераторнаго газа.

Генераторный газъ изъ каменнаго угля представляетъ собою смѣсь гораздо болѣе сложную по составу, чѣмъ газъ изъ кокса, или древеснаго угля. Для простоты Ледебуръ \*) разсматриваетъ сначала послѣдній, а затѣмъ только первый.

Если коксъ содержитъ только углеродъ и золу, то при вполне сухомъ воздухѣ и сгораніи его въ окись углерода, а не въ углекислоту, получающійся изъ него генераторный газъ имѣеть составъ: 34,3% окиси угле-

\*) Die Gasfeuerungen für metallurgische Zwecke. Leipzig. 1891.

рода и 65,7% азота. При сгорании одного килограмма такого газа въ углекислоту развивается 824 ед. т. и 1 куб. метръ его вѣситъ 1,251 кил. По формулѣ (I) см. отд. I гл. I температура горѣнія его выразится цифрою 1915° Ц. Но такъ какъ воздухъ содержитъ всегда влажность, а горѣние совершается не только въ окись углерода, но и углекислоту, то и генераторный газъ содержитъ всегда углекислоту и водородъ. По Эбельману \*) средній составъ газа приведенъ въ таблицѣ № II.

Таблица II.

	Древесный уголь.		К о к с ъ.	
	Части по вѣсу.	Части по объему.	Части по вѣсу.	Части по объему.
Окись углерода . . . . .	34,1	33,3	33,8	33,6
Азотъ . . . . .	61,9	63,4	64,8	64,2
Углекислота . . . . .	0,8	0,5	1,3	0,7
Водородъ . . . . .	0,2	2,8	0,1	1,5

Полученіе генераторнаго газа основано, какъ извѣстно, на сгораніи углерода въ углекислоту и возстановленіи послѣдней въ окись углерода при соприкосновеніи съ раскаленнымъ углемъ. Возстановленіе это идетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ выше температура генератора и чѣмъ больше поверхность раскаленнаго угля. По опытамъ Ледебурна надъ древеснымъ углемъ, сжигаемымъ при посредствѣ сухаго и свободнаго отъ углекислоты воздуха, отношенія между окисью углерода и углекислотою при различныхъ температурахъ показаны въ нижеприведенной таблицѣ № III.

Таблица III.

	Углекислоты по вѣсу.	Окиси углерода по вѣсу
При 350° Ц . . . . .	85,2	14,8
" 440° " . . . . .	80,4	19,6
" 520° " . . . . .	79,6	20,4
" 700° " . . . . .	72,4	27,6
" 1100° " . . . . .	2,2	97,8

При пропусканіи струи углекислоты черезъ древесный уголь при различныхъ температурахъ Акерманъ \*\*) нашель въ выделяющемся газѣ слѣдующія количества окиси углерода:

\*) Annales de mines Sér. IV. tome III p. 215; tome V p. 81.

\*\*\*) Lowthian Bell, Principles of the manufacture of iron and Steel. London. 1884. p. 288.

при 319° Ц. . . . .	0,0%	окси углерода.
» 393 » . . . . .	0,4%	» »
» 918 » . . . . .	13,0%	» »

Вліяніе поверхности раскаленного угля на восстановление углекислоты яснѣе всего замѣтно при сравненіи дѣйствія послѣдней на горючее различной плотности. Чѣмъ плотнѣе горючее, тѣмъ меньше его поверхность соприкосновенія съ газами и тѣмъ медленнѣе происходитъ восстановление углекислоты въ окись углерода. По опытамъ Белли \*) при пропусканіи сухой углекислоты черезъ раскаленные до красна: плотный коксъ, пористый коксъ и древесный уголь, получался газъ слѣдующаго состава:

	Плотный коксъ.	Пористый коксъ.	Древесный уголь.
Части по объему.			
Окси углерода . . . . .	5,44	30,19	64,8
Углекислоты . . . . .	94,56	69,81	35,2

Горючее въ видѣ мелкихъ кусковъ представляетъ большую поверхность, чѣмъ крупный уголь, но при первомъ сильно возрастаетъ сопротивленіе подъему струи газа въ генераторѣ, поэтому оно не примѣняется для полученія газа. Большая поверхность соприкосновенія газа съ раскаленнымъ горючимъ достигается увеличеніемъ толщины слоя горючаго въ генераторѣ и соответственными размѣрами послѣдняго.

Продолжительность дѣйствія углекислоты на углеродъ вліяетъ на содержаніе окиси углерода въ генераторномъ газѣ. Быстрое движеніе газовъ, крупный уголь и плотность его уменьшаютъ количество окиси углерода въ послѣднемъ. По опытамъ Бунте \*\*) надѣ полезнымъ дѣйствіемъ коксовыхъ генераторовъ находимъ:

	По объему.	
	Углекислоты.	Окси углерода.
При слабой тягѣ (— 1,6 мм. водяного столба) .	1,7	29,1
» сильной » (— 10,0 мм. » » ) .	4,8	23,6
» слабой » (— 1,1 мм. » » ) .	2,7	24,8
» средней » (— 7,6 мм. » » ) .	6,9	21,5

При увеличеніи толщины слоя горючаго въ генераторѣ также какъ и при увеличеніи времени дѣйствія, возрастаетъ поверхность соприкосновенія газа съ раскаленнымъ углемъ, а потому для обогащенія послѣдняго горючими составными частями (СО и Н) выгоднѣе увеличивать эту толщину, но только до извѣстнаго предѣла, такъ какъ вмѣстѣ съ нею возрастаетъ сопротивленіе подъему газа въ генераторѣ. По опытамъ Бунте, для кокса, самой выгодной является толщина въ 0,75 метра.

\*\*) Journal of the iron and Steel Institute 1872, I, p. стр. 74.

\*) Comissions Arbeiten in Journal für Gasbeleuchtung 1878 и 1879.

Все вышесказанное относится также и къ каменноугольному генераторному газу, который тѣмъ богаче окисью углерода, чѣмъ выше температура горѣнія и чѣмъ больше поверхность раскаленного угля (или чѣмъ менѣе плотенъ горючій матеріалъ). Къ описанію такого газа перейдемъ ниже.

При полученіи газа изъ каменнаго угля слѣдуетъ различать два періода: первоначальное подогрѣваніе угля въ верхнихъ слояхъ его, при которомъ выдѣляются летучія составныя части угля (углеводороды), оно носитъ названіе *сухой перегонки* и окончательное сгораніе угля въ нижнихъ частяхъ генератора, которое обуславливаетъ *образованіе газа*. Теплота, необходимая для сухой перегонки, заимствуется отъ сгоранія угля для образованія газа.

Процессъ образованія газа изъ каменнаго угля идетъ при такихъ же условіяхъ, какъ и изъ кокса, но сухая перегонка зависитъ отъ температуры и отчасти горючаго. Изъ практики извѣстно, что при низкой температурѣ получается больше смолы, чѣмъ при высокой. Штокманнъ \*) нашель, что при одномъ и томъ же каменномъ углѣ генераторъ съ холоднымъ ходомъ давалъ много смолы, а съ горячимъ—только сажу и нѣсколько асфальтовидныхъ продуктовъ. Составъ газа этого генератора былъ слѣдующій:

	Части по вѣсу:	
	Горячій ходъ.	Холодный ходъ.
Окиси углерода . . . . .	21,73	16,56
Этилена . . . . .	2,95	1,32
Мѣтана . . . . .	0,58	1,29
Водорода . . . . .	0,47	0,27
Углекислоты . . . . .	7,41	12,14
Азота . . . . .	66,86	68,42
Итого . . . . .	100,00	100,00

Эти анализы показываютъ, какъ важна провѣрка хода генератора путемъ газоваго анализа. Вычисляя теплопроизводительную способность обонхъ смѣсей, находимъ:

1 кил. газа, полученнаго при горячемъ ходѣ генератора, развиваетъ при горѣніи  $(0,2173 \times 2403 + 0,0295 \times 11200 + 0,0058 \times 12000 + 0,0047 \times 28780) = 1066$  ед. т.

1 кил. газа, при холодномъ ходѣ, развиваетъ при горѣніи  $(0,1656 \times 2403 + 0,0132 \times 11200 + 0,0129 \times 12000 + 0,0027 \times 28780) = 775$  ед. т.

Въ 1 кил. газа, полученнаго при горячемъ ходѣ, содержится 0,1429

\*) Die Gase des Hohoffens und der Siemens-Generatoren. Ruhrort 1876. S. 7,



кил. углерода, а при холодномъ—0,1249 кил. Принимая, что весь углеродъ горючаго переходитъ въ газъ, найдемъ, что при горячемъ ходѣ 1 кил. угля даетъ  $\frac{1}{0,1429} = 7$  кил. газа, а при холодномъ  $\frac{1}{0,1249} = 8$  кил. газа. Последняя цифра въ дѣйствительности меньше, такъ какъ при холодномъ ходѣ получается много смолы.

Теплопроизводительная способность этихъ смѣсей на каждый килограммъ каменнаго угля:

$$\begin{array}{l} \text{при горячемъ ходѣ генератора} \quad 7 \times 1066 = 7462 \text{ ед. т.} \\ \text{» холодномъ » » } \quad \quad \quad 8 \times 775 = 6200 \text{ » »} \end{array}$$

Поэтому при холодномъ ходѣ необходимо количество горючаго въ  $\frac{7462}{6200} = 1,2$  раза больше, чѣмъ при горячемъ для полученія того же количества тепла. Кромѣ того при горячемъ ходѣ температура генератора гораздо выше, чѣмъ при холодномъ, что еще больше увеличиваетъ вышеприведенное отношеніе.

Не менѣе очевидной окажется разница между горячимъ и холоднымъ ходомъ генератора при опредѣленіи теоретической температуры горѣнія соответственныхъ газовыхъ смѣсей.

1 кил. газъ, полученнаго при горячемъ ходѣ генератора, сгорая безъ избытка воздуха, даетъ 0,5242 кил. углекислоты, 0,0933 кил. водянаго пара и 1,6211 кил. азота, поэтому при начальной температурѣ газа и воздуха въ 0° теоретическая температура горѣнія:

$$T = \frac{1066}{0,5242 \times 0,217 + 0,0933 \times 0,4805 + 1,6211 \times 0,244} = 1924^{\circ} \text{ Ц.}$$

1 кил. газъ, полученнаго при холодномъ ходѣ генератора, образуетъ при сгораніи 0,4586 кил. углекислоты, 0,0702 кил. водянаго пара и 1,3913 кил. азота, поэтому теоретическая температура горѣнія:

$$T = \frac{775}{0,4586 \times 0,217 + 0,0702 \times 0,4805 + 1,3913 \times 0,244} = 1677^{\circ} \text{ Ц.}$$

разница почти на 300° Ц.

Изъ всего вышесказаннаго слѣдуетъ, что для полученія генераторнаго газа, богатаго горючими составными частями, изъ какого либо твердаго горючаго матеріала, необходима высокая температура въ генераторѣ, поэтому важно выяснитъ условія ея достиженія.

Одно изъ важныхъ условій—это качества горючаго. Извѣстно, что водяной паръ, по своей значительной теплоемкости (0,4805) при нагрѣваніи до высокой температуры, поглощаетъ значительное количество теплоты, поэтому горючіе матеріалы, содержащіе много влажности, не пригодны для полученія высокой температуры. На разложеніе угля расходуется тѣмъ больше теплоты, чѣмъ больше воды онъ содержитъ, поэтому генераторъ на коксѣ имѣетъ болѣе горячій ходъ, чѣмъ на каменномъ углѣ, но последний примѣняется чаще для полученія генераторнаго газа во-первыхъ

потому, что онъ дешевле, а во-вторыхъ, что при его разложеніи образуются горючіе углеводороды, цѣнные, какъ составныя части газа.

Второе важное условіе достиженія высокой температуры— это приведеніе достаточнаго количества воздуха для даннаго сѣненія генератора. При образованіи газа (сгораніи кокса внизу генератора) развивается избытокъ теплоты, расходуемый на повышеніе температуры генератора: часть этой теплоты передается стѣнкамъ генератора и теряется на нагрѣваніе воздуха. Чѣмъ меньше эта часть, или чѣмъ больше отношеніе всего количества развиваемой въ генераторѣ теплоты къ этой потерѣ (отъ лученспусканія), тѣмъ выше температура генератора. Чѣмъ меньше объемъ пространства, гдѣ происходитъ сгораніе (генератора), тѣмъ выше температура его, потому что тѣмъ меньше потеря отъ лученспусканія. Поэтому въ генераторѣ должно сгорать определенное количество угля на данной площади, иначе температура его тотчасъ понижается и газъ становится бѣднѣ горючими составными частями. Величина отношенія расхода угля къ сѣненію генератора лучше всего опредѣляется на практикѣ, анализируя газы при переменномъ расходѣ горючаго.

Количество горючаго, превращаемаго въ газъ въ определенный промежутокъ времени, отъ котораго такъ существенно зависитъ температура генератора, находится въ прямой зависимости отъ количества притекающаго воздуха, а послѣднее, въ свою очередь, зависитъ отъ силы тяги и отъ сопротивленія, оказываемаго ей слоемъ угля. Толстый слой горючаго и измельченность его усиливаютъ это сопротивленіе. Очень часто дымовая труба, отводящая продукты горѣнія, производитъ тягу въ генераторѣ, поэтому при неисправномъ дѣйствіи послѣдней ухудшается и свойства получаемаго газа. При вдуваніи воздуха, труба является излишней, а количество вдуваемаго воздуха можетъ быть измѣняемо по мѣрѣ надобности; при этомъ легче преодолевается сопротивленіе толстаго слоя горючаго. Сжатый воздухъ имѣетъ еще и другія преимущества: газъ въ генераторѣ находится подъ большимъ давленіемъ, чѣмъ при дѣйствіи трубы (при всасываніи) вслѣдствіе чего химическое дѣйствіе сжатыхъ газовъ на углеродъ горючаго гораздо сильнѣе. Кислородъ и уголекислота дѣйствуютъ быстрѣе, чѣмъ въ генераторѣ съ малымъ давленіемъ. Помимо этихъ преимуществъ генераторы съ дутьемъ распространены не больше генераторовъ безъ дутья. Причиной этому являются: стоимость и усложненіе привода сжатаго воздуха по трубамъ, а также затрудненія при удаленіи золы и шлака изъ поды колосниковъ \*).

У генераторовъ безъ дутья колосники открыты и чистку ихъ нужно производить по мѣрѣ надобности, между тѣмъ какъ при дутьѣ онѣ закрыты и для чистки ихъ нужно останавливать притокъ воздуха. Въмѣсто

\*) Сказанное относится къ производству 1892 года.

этого при генераторахъ съ дутьемъ приводятъ послѣднее черезъ боковыя фурмы, а золу удаляютъ прибавленіемъ соответственныхъ флюсовъ, замѣняющихъ ее въ жидкій шлакъ, удаляемый при особыхъ выпускахъ его.

Между различными способами привода дутья слѣдуетъ отдать предпочтеніе всасыванію воздуха при посредствѣ струи пара\*), по простотѣ и дешевизнѣ устройства. При этомъ не нужна ни сильная машина, ни много мѣста. Приводимый, такимъ образомъ, воздухъ содержитъ много пара, но это способствуетъ, по вышеуказанному, повышенію температуры горѣнія. 1 кил. пара 3-хъ атмосфернаго давленія всасываетъ 40 до 60 кил. воздуха, которые вполнѣ насыщены паромъ, остальная часть пара ожигается и стекаетъ. Степень насыщенія воздуха паромъ зависитъ отъ температуры перваго. 100 вѣсовыхъ частей воздуха при 16° Ц. содержатъ 1,1 вѣсовую часть пара, а при 20° Ц.—1,3 вѣс. ч. Въ жаркую лѣтнюю погоду на 100 ч. воздуха приходится до двухъ ч. пара.

Дутья съ паромъ нельзя примѣнять, если золу удаляютъ въ видѣ шлака.

Повышеніе температуры достигается легко при подогрѣвѣ воздуха, приводимаго для этой цѣли по особымъ каналамъ. Но нагрѣтый воздухъ примѣняютъ рѣдко, потому что желѣзныя части генератора (колосники и пр.) при этомъ скоро изнашиваются, между тѣмъ какъ при холодномъ воздухѣ, онѣ долго выстаиваютъ, такъ какъ охлаждаются послѣднимъ; при боковыхъ фурмахъ кирпичная кладка генератора выдерживаетъ нагрѣтое дутье только при охлажденіи ея водою.

Атмосферный воздухъ всегда содержитъ водяной паръ, разлагаемый раскаленнымъ углемъ по реакціи  $H_2O + C = 2H + CO$ . Разсмотримъ вліяніе этой реакціи на температуру генератора.

Это разложеніе воды обогащаетъ газъ горючими составными частями безъ увеличенія количества азота; оно увеличиваетъ его нагрѣвательную способность, слѣдовательно—полезно, если только не сопровождается какими либо другими потерями тепла.

Разложеніе воды связано съ большимъ расходомъ тепла. По реакціи  $H_2O + C = 2H + CO$  1 кил. разложенной воды обращаетъ въ газъ  $\frac{2}{3}$  килогр. углерода. Для разложенія воды нужно столько теплоты, сколько выдѣляется при образованіи ея изъ водорода и кислорода. Поэтому 1 кил. водяного пара, состоящій изъ  $\frac{1}{8}$  водорода и  $\frac{7}{8}$  кислорода, требуетъ для своего разложенія  $\frac{1}{8} \times 28780 = 3198$  ед. т., а  $\frac{1}{2}$  кил. углерода при сгораніи въ окись углерода развиваютъ  $\frac{1}{2} \times 2473 = 1649$  ед. т. такъ что потеря тепла при этомъ разложеніи  $3198 - 1649 = 1549$  ед. т. на каждый килограммъ воды. Эта потеря должна покрываться теплотою, образуемой, въ генераторѣ сгораніемъ угля на счетъ кислорода воздуха, приче

\*) Мнѣніе Ледбура, высказанное въ 1891 г.

ходъ генератора становится холоднымъ; увеличивается количество углекислоты, отчего уменьшается нагревательная способность газа.

Увеличеніе количества углекислоты происходитъ не только на счетъ притекающаго воздуха при пониженіи температуры генератора, но и разложеніе воды сопровождается образованіемъ углекислоты по реакціи:  $2H_2O + C = 4H + CO_2$ . Чѣмъ больше количество приводимаго пара, тѣмъ сильнѣе охлажденіе и тѣмъ больше образованіе углекислоты. Бунте при своихъ изслѣдованіяхъ приводилъ подъ колосники различныя количества пара и получалъ газы различнаго состава, показаннаго въ нижеприведенной таблицѣ IV:

Таблица IV.

№ №	Количество пара приводимаго на 1 кил. кокса. килогр.	СОСТАВЪ ПОЛУЧАЕМЫХЪ ГАЗОВЪ.			
		Углекислота.	Окись углерода.	Водородъ.	Азотъ.
1	0,00	4,6	24,2	3,3	67,9
2	0,51	9,0	17,6	9,1	64,3
3	0,66	8,3	19,3	12,2	60,2
4	0,71	9,0	18,4	12,9	59,7
5	0,75	13,2	14,6	14,0	58,2
6	0,86	12,0	12,0	15,8	60,2
7	0,92	14,8	11,7	16,3	57,2

Самое большое содержаніе горючихъ газовъ (окиси углерода и водорода) находимъ въ смѣси съ 0,66 и 0,71 кил. введеннаго пара (№№ 3 и 4).

Такъ какъ 1 куб. метръ окиси углерода вѣситъ 1,251 кил. и 1 куб. метръ водорода 0,089 кил., то для вышеприведенныхъ смѣсей количество развиваемой ими теплоты слѣдующее (теплопроизводительная способность окиси углерода 2,403 ед. т. и водорода 28,780 ед. т.):

№	1	2	3	4	5	6	7
ед. т.	811	761	893*)	853	797	765	769

\*) Для примѣра вычислимъ количество теплоты, развиваемой при сгораніи смѣси № 3, содержащей 19,3% CO и 12,2% H.

$$\text{Окись углерода} - \frac{19,3 \times 1,251}{100} = 0,24 \text{ кил.} \times 2403 = 580 \text{ ед. т.}$$

$$\text{Водородъ} - \frac{12,2 \times 0,089}{100} = 0,01 \text{ кил.} \times 28780 = 313 \text{ ед. т.}$$

Всего . . . 893 ед. т.

1 куб. м. углекислоты и 1 куб. м. окиси углерода содержать равныя количества углерода, а именно 0,5363 кил. Изъ суммы содержаній углекислоты и окиси углерода, въ каждой изъ вышеприведенныхъ смѣсей газа, можно найти количество углерода, который при образованіи 1 кил. газа сгорѣлъ отчасти на счетъ кислорода воздуха, и отчасти на счетъ разложившагося водяного пара, а также объемъ газа 1 килогр. углерода въ каждомъ изъ вышеприведенныхъ случаевъ. Объемъ, помноженный на вышеприведенную теплопроизводительную способность 1 куб. метра, равенъ тому количеству тепла, которое способенъ развить при сгораніи газа 1 кил. углерода, обращеннаго въ газъ. Такимъ образомъ получимъ:

№№	1	2	3	4	5	6	7
Объемъ газа изъ 1 кил., обращеннаго въ газъ угле- рода, куб. метр. . . . .	6,49	7,01	6,75	6,80	6,71	7,77	7,04
Телопронзв. способность газа, образовавшагося изъ 1 кил. углерода въ ед. т. .	5263	5334	6001	5800	5347	5944	5413

Если газъ приводится въ печь въ холодномъ состояніи, то онъ представляетъ болѣе полную утилизацію горючаго при введеніи пара. На практикѣ газъ стараются привести въ печь еще горячимъ (если только особенныя условія не заставляютъ охладить его), чтобы, по возможности, воспользоваться приносимой имъ изъ генератора теплотою. Вышеприведенныя числа слѣдуетъ значительно понизить, потому что чѣмъ больше пара разложилось въ генераторѣ, тѣмъ ниже температура газа въ послѣднемъ и тѣмъ меньше теплоты газъ принесетъ съ собою въ печь. Такъ что введеніе пара не принесло бы существенной пользы, еслибъ не то обстоятельство, что потеря теплоты въ газопроводѣ при горячемъ ходѣ генератора значительнѣе, чѣмъ при холодномъ (т. е. съ приведеніемъ пара). Бунте нашель, что эта потеря при полученіи смѣси газа съ 0,63 кил. водяного пара на 1 кил. угля простирается до 9%, а при полученіи сухого газа (безъ водяного пара)—19,7 до 23,2% всего количества теплоты израсходованнаго горючаго.

Изъ вышеприведенныхъ данныхъ нельзя вывести общаго заключенія, но слѣдуетъ замѣтить, что введеніе незначительнаго количества пара въ большинство случаевъ полезно при горячемъ ходѣ генератора.

Новѣйшаго устройства генераторы блестяще доказали пользу введенія перегрѣтаго пара въ генераторъ; при подогрѣтомъ воздухѣ они даютъ газъ, содержащій 39%  $CO$  и 14%  $H$ , теплопроизводительная способность котораго

$$\left\{ \frac{39 \times 1,251}{100} \right\} 2403 + \left\{ \frac{14 \times 0,089}{100} \right\} 28780 = 1172 + 359 = 1521 \text{ ед. т.}$$

При полученіи газа изъ каменнаго угля температура генератора ниже,

чѣмъ при коксѣ, а потому количество пара, приводимаго въ генераторъ должно быть меньше, по Шмидгаммеру \*) оно равно 0,2 кил. на 1 кил. каменнаго угля. Но даже и это количество пара должно быть введено въ генераторъ искусственно, такъ какъ оно значительно превосходитъ количество пара, содержащееся въ умѣренно подогрѣтомъ воздухѣ (насыщенномъ водянымъ паромъ).

1 кил. углерода, при сгораніи въ окись углерода требуетъ 5,65 кил. воздуха, который при 20° Ц можетъ содержать пара 1,3% своего вѣса, т. е. 0,07 кил., а это число второе меньше данныхъ Шмидгаммера. Поэтому, если пропустить воздухъ черезъ воду, находящуюся въ зольникѣ, чтобы онъ насытился влажностью, то количество послѣдней мало замѣтно, такъ что вода въ зольникѣ не можетъ оказать вреда, а, напротивъ того, принесетъ нѣкоторую пользу. При горячемъ ходѣ генератора можно избѣжать образованія шлака вмѣстѣ съ золою, если привести подъ колосники значительное количество пара.

Температура, съ которой газы выдѣляются изъ генератора, зависитъ отчасти отъ свойствъ горючаго, отчасти отъ устройства генератора. Коксъ и древесный уголь даютъ газъ болѣе высокой температуры, чѣмъ каменный уголь, потому что на сухую перегонку послѣдняго расходуется много тепла. Кромѣ того горючее, содержащее влажность, даетъ болѣе холодный газъ вслѣдствіе большой теплоемкости водянаго пара.

Введеніе водянаго пара, требующаго много теплоты для своего разложенія, понижаетъ температуру газа, съ которой онъ выходитъ изъ генератора.

Сильная тяга, или полученіе большого количества газа въ данномъ объемѣ повышаетъ температуру его, такъ какъ при быстромъ теченіи газъ имѣетъ меньше возможности терять теплоту. При коксовомъ генераторѣ Бунте нашель слѣдующія температуры, выходящихъ изъ генератора газовъ:

при слабой тягѣ (—1 мм. водянаго столба) безъ пара	500° Ц.
» сильной » (—7—10 мм. » » ) » »	1000° »
» средней » (—4—7 мм. » » ) » »	750° »

При каменноугольныхъ генераторахъ температура выходящихъ газовъ мѣняется отъ 300° до 900°. По Фишеру каменноугольный газъ, нижеприведеннаго состава, выходилъ изъ генератора съ температурою въ 690°:

Углекислоты.	Окиси углерода.	Метана.	Водорода.	Азота.
5,3%	23,7%	1,9%	6,5%	62,6%

Если газъ приводится въ печь, въ которой онъ сгораетъ, безъ охлажденія, то вся вышеуказанная теплота его утилизируется. Но въ газопроводахъ газъ сильно охлаждается, такъ, по Бунте, 1 метръ длины га-

\*) Stahl und Eisen 1889. S. 541.

зопровода охлаждаетъ газъ на  $50^{\circ}$ — $70^{\circ}$  Ц., но числа эти слишкомъ высоки. Вюртенбергъ приводитъ слѣдующія данныя:

При выходѣ газа изъ генератора.	Разстояніе отъ генератора.		
	14,8 метр.	29,8 метр.	35 метр.
430° Ц.	340° Ц.	242° Ц.	180° Ц.

Откуда на 1 метръ длины канала приходится въ среднемъ  $6^{\circ}$  охлажденія. При устройствѣ газопровода подъ землею, газы приходили съ температурою въ  $300^{\circ}$  по каналу, длиною въ 42 метра, и при начальной температурѣ тоже въ  $430^{\circ}$  Ц., такъ что на 1 м. длины канала приходится  $3^{\circ}$  охлажденія. Чѣмъ выше первоначальная температура, чѣмъ ниже наружная, чѣмъ медленнѣе движеніе газа и чѣмъ больше подвержены охлажденію газопроводы, тѣмъ быстрѣе падаетъ температура газа.

Насколько значительна потеря, производимая сильнымъ охлажденіемъ газа въ газопроводахъ, показываетъ нижеприведенный расчетъ.

По Фишеру вышеуказанный каменноугольный газъ, обладавшій теплопроизводительной способностью въ 7950 ед. т.; 1 кил. угля давалъ 4,52 куб. метра газа, или 5,42 кил. Принимая теплоемкость газа въ 0,26 найдемъ, что 5,42 кил. газа при  $690^{\circ}$  Ц. уносятъ съ собою изъ генератора  $5,42 \times 690 \times 0,26 = 972$  ед. т., а такъ какъ газъ поступалъ въ печь при температурѣ  $100^{\circ}$ , то онъ вноситъ съ собою только  $5,42 \times 100 \times 0,26 = 141$  ед. т. Слѣдовательно, потеря тепла въ газопроводѣ  $972 - 141 = 831$  ед. т. составитъ  $10,4\%$  всей теплопроизводительной способности угля. Въ нижеприведенной таблицѣ V указаны числовыя данныя для различныхъ газовъ.

## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

### Водяной газъ.

а) *Составъ.* Водяной газъ \*), какъ сказано выше, образуется при дѣйстви водяного пара на раскаленный уголь  $H_2O + C = 2H + CO$ . Еслибы реакція шла постоянно въ этомъ видѣ, то водяной газъ содержалъ бы:

	Водорода.	Окиси углерода.
По объему . . . . .	50%	50%
По вѣсу . . . . .	6,7%	93,3%

Реакція зависитъ отъ температуры. При бѣлокальномъ жарѣ она идетъ по вышеуказанному, если предположить, что соприкосновеніе между углемъ и паромъ вполне совершенное и что для разложенія водяного

\*) A. Ledebur. Dis Gasfeuerungen für metallurgische Zwecke.

Т а б л и ц а V.

Название газа.	ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВЪ													Вѣсь 1 м. <sup>3</sup> га-за при С и 760 мм. въ вѣд.	Теплоем-кость.	Теплопроизводительная способ. въ ед. т.		Теоретич. темпер. сгорания.	Теоретич. кол. возд. необх. для сгорания.			
	по объему.						по вѣсу.						1 кил.			1 мет.	1 кил.		1 м. <sup>3</sup>			
	Н	СО	СН	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$ $\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	O <sub>2</sub>	O	N	H	СО	СН <sub>4</sub>	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$ $\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	CO <sub>2</sub>								O	N	
Водородъ . . . . .	100						100							0,089	3,410	28780	2561	2650	34,50	2,36		
Окись углерода . . . . .		100						100						1,251	0,245	2403	3006	3020	2,47	2,37		
Мѣтань . . . . .			100							100				0,751	0,593	12000	8560	2420	17,25	9,55		
Углекислота . . . . .				100								100		1,966	0,216							
Кислородъ . . . . .					100								100	1,430	0,240							
Азотъ . . . . .						100							100	1,251	0,244							
Газъ домен. печей . . . . .	2	24	2		12		66	0,2	24	0,8		17		58,0	1,300	0,210	730	950	1790	0,80	0,80	
Естествен. газъ . . . . .	20		70	6	1		3	2,7		77,6	11,6	2,0		5,9	0,643		14500	9300	2200	16,00	8,00	
Свѣтлѣный „ . . . . .	46	8	35	6	3		2	8	2	48	25	12		5	0,590		10700	6300	2500	19,40	8,90	
Генератор. газъ . . . . .	8,8	25,5	2,0		4,8		59,4	0,6	29,5	1,3		8,9		59,7	1 179	0,260	1036	1220	1925	1,14	1,00	
Водяной газъ . . . . .	48,0	43,0	1,0		3,5		4,5	3,9	75,4	1,0		9,9		7,8	0,710	0,454	3630	2600	2740	4,10	2,24	
Атмосфер. возд. . . . .						21,0	79,0							23,0	77,0	1,293	0,237					

С У Х И Е



пара примѣняется чистый углеродъ. Даже при этихъ условіяхъ наряду съ окисью углерода образуется и углекислота. Какъ только температура понизится до 1200°, то количество ея возрастаетъ съ пониженіемъ температуры. При 500° получаютъ едва замѣтные слѣды окиси углерода. Въ этомъ случаѣ реакція выразится слѣдующимъ уравненіемъ:  $2H_2O + C = 4H + CO_2$ .

Въ дѣйствительности, имѣющіяся отклоненія отъ вышеприведеннаго состава водяного газа, зависятъ какъ отъ примѣненія антрацита или кокса, которые наряду съ углеродомъ содержатъ постороннія тѣла (углеводороды, азотъ, сѣру и пр.), такъ и отъ причинъ, о которыхъ сказано ниже, обусловливающихъ содержаніе небольшихъ количествъ генераторнаго газа въ водяномъ газѣ.

Поэтому дѣйствительный составъ водяного газа колеблется въ нижеуказанныхъ предѣлахъ:

Водорода . . .	отъ 44 до 53%	въ средн. около 48%	по объему или	5,9%	по вѣсу.
Окиси углерода "	45 "	40 "	" "	43 "	75,4 "
Метана . . . . "	4 "	0 "	" "	1 "	1,0 "
Углекислоты . . "	1,5 "	6 "	" "	3,5 "	9,9 "
Азота . . . . . "	8 "	1 "	" "	4,5 "	7,8 "
				100,0	100,0

1 кил. газа вышеприведеннаго средняго состава, при сгораніи образуетъ 3630 ед. т. Теоретическая температура горѣнія по формулѣ (1) (отд. I гл. I) выразится 2739° Ц. 1 куб. метръ этого газа вѣситъ 0,71 кил.

Сравнивая эти данныя съ числами, выведенными для генераторнаго газа (см. отд. I гл. VI), находимъ, что одинаковое количество по вѣсу водяного газа даетъ почти вчетверо большее количество теплоты и на 800° выше теоретическую температуру противъ генераторнаго газа. Если раздѣлить развивающееся количество тепла на равные объемы, то получимъ, что 1 куб. м. водяного газа равняется 2,5 куб. м. генераторнаго газа, теплопроизводительную способность котораго такъ сильно понижаетъ содержаніе азота.

1 килогр. водяного газа вышеуказаннаго состава, при сгораніи безъ избытка воздуха даетъ: 0,55 кил. водяного пара съ теплоемкостью 0,481, 1,31 кил. углекислоты съ теплоемкостью 0,216 и 3,187 кил. азота съ теплоемкостью 0,244. Для образованія того же количества тепла необходимо 3,5 кил. сухого генераторнаго газа (вышеприведеннаго состава см. гл. VI), котораго продукты горѣнія: 0,291 кил. водяного пара, 2,063 кил. углекислоты и 5,239 кил. азота.

Количество теплоты, уносимое изъ печи газами определенной температуры, равно вѣсу ихъ, помноженному на теплоемкость и на температуру ихъ; вычисляя, изъ вышеприведенныхъ данныхъ, произведеніе вѣса

газа на теплоемкость, получимъ  $\frac{\text{Водяной газъ.}}{\text{Генераторный газъ.}} = \frac{1,324}{1,863} = \frac{0,7}{1}$ . Если оба газа—водяной и генераторный—примѣняются для одной и той-же цѣли и уходятъ изъ печи при одной и той-же температурѣ, то потеря теплоты при водяномъ газѣ, составитъ 0,7 потери при генераторномъ. Поэтому пользованіе теплотою при водяномъ газѣ болѣе совершенно, чѣмъ при генераторномъ.

Эти свойства водяного газа, безспорно важныя, являются часто причиною переоцѣниванія тѣхъ преимуществъ, которыя получаются при его примѣненіи по сравненію съ генераторнымъ газомъ.

При разложеніи водяного пара раскаленнымъ углемъ происходитъ большая затрата теплоты. При образованіи одной окиси углерода, по вышеуказаннымъ расчетамъ, на 1 кил. угля, обращеннаго въ газъ, расходуется на 2324 ед. т. болѣе, чѣмъ развивается; при образованіи одной углекислоты этотъ перерасходъ теплоты равенъ 1513 ед. т. Этотъ расходъ теплоты долженъ быть покрываемъ, чтобы температура не понижалась постоянно до тѣхъ поръ, пока наконецъ не прекратится образованіе газа.

Если бъ было возможно покрыть этотъ расходъ теплоты безъ всякой потери ея, то теплопроизводительная способность водяного газа, полученнаго изъ опредѣленнаго количества угля, должна быть равна суммѣ теплопроизводительной способности угля сложенной съ теплотою, затраченною на разложеніе воды, такъ какъ количество тепла, необходимое для разложенія воды, вновь освободится при сгораніи водорода.

На практикѣ, какъ извѣстно, нельзя получить и израсходовать теплоты безъ нѣкоторой потери. Такъ водяной газъ, получаемый при высокой температурѣ, охлаждается въ газопроводѣ, по которому поступаетъ въ печь. Дальше не слѣдуетъ упускать изъ виду, что для образованія пара, служащаго для полученія водяного газа, необходима теплота (на 1 кил. пара около 600 ед. т.), которая вновь не выдѣляется. Такъ какъ при образованіи углекислоты необходимо вдвое большее количество пара, чѣмъ при образованіи окиси углерода, то вышеприведенная потеря теплоты въ первомъ случаѣ вдвое больше, чѣмъ во второмъ, поэтому тѣмъ невыгоднѣе реакція, чѣмъ больше получается углекислоты и меньше окиси углерода.

Непринятіе во вниманіе этой неизбежной потери тепла является причиною преувеличенія выгодъ при расчетѣ производства водяного газа. Различіе выводовъ, приводимыхъ различными авторами, касавшимися этого вопроса, зависитъ отъ того обстоятельства, что одни принимали во вниманіе эти потери въ меньшей, а другіе въ большей степени. Такъ, напр., Ливиге, основываясь на практическихъ данныхъ, нашелъ, что при водяномъ газѣ можно вновь получить, въ лучшемъ случаѣ 79,2% нагревательной способности угля, т. е. меньше, чѣмъ при генераторномъ газѣ,

между тѣмъ какъ Науманнъ, принимая во вниманіе только количество тепла, необходимое для разложенія водяного пара, а всѣ остальные потери оставляя безъ вниманія, вычислилъ 92% нагрѣвательной способности угля.

Происходящая при образованіи водяного газа потеря теплоты, можетъ быть покрываема различными способами. Прежде примѣняли нагрѣваніе угля снаружѣ (заключеннаго въ ретортѣ) и пропускали черезъ него паръ, но при этомъ получался слишкомъ большой расходъ тепла, чтобы приготовленіе водяного газа могло быть выгоднымъ. Теперь находятъ болѣе выгоднымъ вдвухъ воздухъ въ генераторъ, чтобы получить нѣкоторое количество окиси углерода, а когда температура достаточно повысится, вмѣсто воздуха вдвухъ паръ до тѣхъ поръ, пока не понадобится вдвухъ новаго количества воздуха. Такимъ образомъ попеременно получается то водяной, то генераторный газъ; для полученія непрерывной струи водяного газа, необходимо нѣсколько генераторовъ, изъ которыхъ попеременно приводился бы водяной газъ.

По вышеприведенному расчету на каждый килограммъ обращаемого въ газъ угля, при полученіи водяного газа по формулѣ  $H_2O + C = 2H + CO$ , расходуется 2324 ед. т. Для покрытія этого расхода по вышеуказанному, т. е. сжиганіемъ угля притокомъ атмосфернаго воздуха, нужно 0,9 кил. угля сжечь въ окись углерода, такъ какъ 1 кил. при такомъ сгораніи развиваеъ 2473 ед. т., если при этомъ развивающаяся теплота вся расходуется на нагрѣваніе угля. Но это невозможно, а притомъ газы стараются выпускать изъ генератора при высокой температурѣ, такъ что на практикѣ расходуютъ въ два до четырехъ разъ больше угля на генераторный газъ, чѣмъ на водяной. 1 куб. м. водяного газа требуетъ полученія 3 до 5 куб. м. генераторнаго газа.

Этотъ избытокъ горючаго, идущій на образованіе генераторнаго газа, уменьшаетъ достоинства производства водяного газа. Если соединить вмѣстѣ между собою оба газа, примѣняя ихъ для одной и той же цѣли, то получается смѣсь, или полуводяной газъ, который можетъ быть полученъ гораздо проще и дешевле, приводя паръ подъ колосники генератора.

При водяномъ газѣ слѣдуетъ принять во вниманіе то обстоятельство, что составъ его самъ по себѣ мѣняется при пониженіи температуры. Въ нижеприведенной таблицѣ № VI показанъ составъ водяного газа по анализамъ Фишера въ Эссетѣ, гдѣ генераторъ работаетъ при переменномъ вдвухъ воздуха около 11 ми., а затѣмъ пара около 4-хъ минутъ.

Между тѣмъ какъ при водяномъ газѣ количество углекислоты возрастаетъ по мѣрѣ вдвухъ пара, оно сильно уменьшается по мѣрѣ вдвухъ воздуха и связаннаго съ этимъ повышаніи температуры. Ниже

Таблица VI.

	Послѣ 1 м.	Послѣ 2 1/2 м.	Послѣ 4 м.
Водорода . . . . .	44,8	48,9	51,4
Окси углерода . . . . .	45,2	44,6	40,9
Метана . . . . .	1,1	0,4	0,2
Углекислоты . . . . .	1,8	3,0	5,6
Азота . . . . .	7,1	3,1	1,9

приведенъ составъ газа въ томъ же генераторѣ при вдуваніи воздуха, по анализамъ того же автора въ таблицѣ № VII:

Таблица VII.

	Послѣ 1 м.	Послѣ 6 м.	Послѣ 10 м.
Окси углерода . . . . .	23,68	28,44	32,21
Метана . . . . .	0,44	0,39	0,18
Водорода . . . . .	2,95	2,20	2,11
Углекислоты . . . . .	7,04	4,03	1,60
Азота . . . . .	65,89	64,94	63,90

Чтобы избѣжать этой неравнобѣрности состава водяного газа, собираютъ его въ отдѣльномъ приемникѣ (газомерѣ). Проба газа изъ такого газометра вышеприведеннаго завода, по Фишеру, имѣла составъ:

	Водорода.	Окси углерода.	Метана.	Углекислоты.	Азота.
Части по объему	48,6	44,0	0,4	3,3	3,7

Кромѣ составныхъ частей, указываемыхъ до сихъ поръ, водяной газъ содержитъ вредныя примѣси: сѣроводородъ и летучія соединенія кремнія (кремневодородъ, или сѣрнистый кремній), образующіяся при сгораніи угля у кирпичной кладки. По изслѣдованіямъ Лунге, водяной газъ содержалъ на томъ же Эссенскомъ заводѣ вышеуказанныя вредныя примѣси въ количествахъ приведенныхъ въ Таблицѣ VII.

Таблица VIII.

	Г А З Ъ.	
	Очищенный.	Неочищенный.
Водорода . . . . .	49,3	49,5
Окиси углерода . . . . .	42,3	41,2
Углекислоты . . . . .	3,2	4,0
Азота . . . . .	4,8	5,3
Сѣроводорода . . . . .	0,5	—
Кремневодорода . . . . .	слѣды.	—

Эти примѣси въ большинствѣ случаевъ ухудшаютъ качества газа, поэтому ихъ почти всегда удаляютъ. Для этой цѣли между генераторомъ и газометромъ помѣщаютъ промывныя устройства (скрэбберъ). Въ нихъ газъ промывается водою, текущею по кускамъ кокса, какъ при свѣтельномъ газѣ, или какимъ нибудь другимъ способомъ. Во всякомъ случаѣ промываніе и собираніе водяного газа въ газометрѣ охлаждаетъ его до температуры окружающаго воздуха, что влечетъ за собою большую потерю тепла.

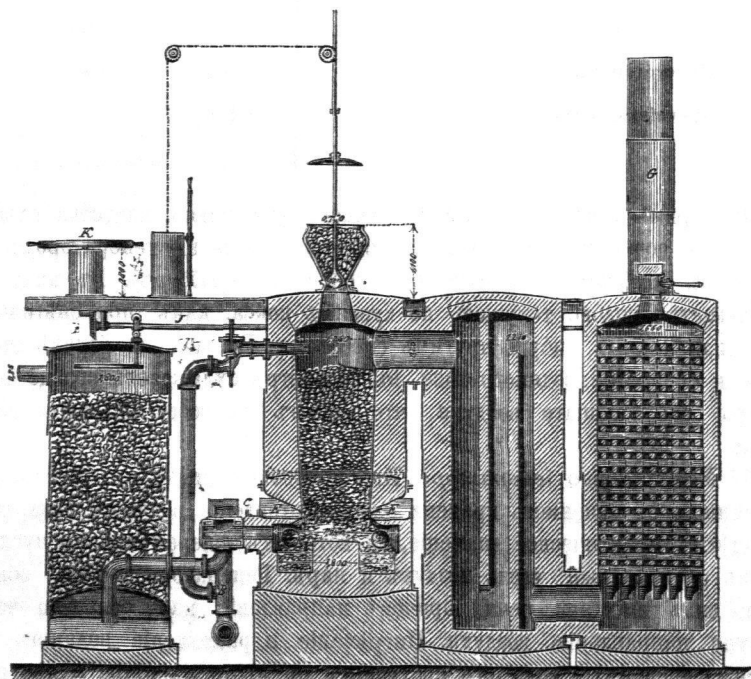
б) *Устройство генератора.* Изъ многочисленныхъ устройствъ, предложенныхъ съ теченіемъ времени для приготовления водяного газа, только тѣ имѣютъ практическое значеніе, въ которыхъ попеременно пропускаютъ черезъ раскаленный уголь воздухъ и паръ. Генераторъ имѣетъ обыкновенно видъ шахтной печи, причемъ направленіе пара большею частью обратно направленію воздуха. Нагрѣваніе и разложеніе водяного пара идетъ совершеннѣе, если онъ поступаетъ въ мѣсто, нагрѣтое менѣе всего, и послѣдовательно переходитъ въ мѣста болѣе нагрѣтыя; если-же паръ поступаетъ въ самое нагрѣтое мѣсто, то разложеніе его менѣе совершенно. Только въ такомъ случаѣ направляютъ воздухъ и паръ по одному направленію, если они подводятся подъ колосники, для охлажденія послѣднихъ и устранения шлакованія золы, которая разлагается водянымъ паромъ (генераторъ Лѣва).

Имѣющіяся различія между генераторами зависятъ отчасти отъ свойствъ горючаго, отчасти отъ примѣненія водяного газа, а отчасти отъ способа, пользованія, совмѣстно получаемымъ, генераторнымъ газомъ. Такъ въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ работаютъ на антрацитѣ съ малымъ содержаніемъ золы, устройство генераторовъ иное, чѣмъ въ Германіи, гдѣ работаютъ на

коксѣ, богатомъ золою и имѣющемся въ мелкихъ кускахъ. Если водяной газъ долженъ служить для освѣщенія, то устройство генератора другое, чѣмъ если онъ служить для нагрѣванія.

При полученіи водяного газа въ маломъ видѣ стоимость производства увеличивается. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ примѣняютъ для подогрева пара регенераторы, такіе же, какъ при печахъ Сименса. Въ послѣднихъ пропускаютъ парь, необходимый для полученія водяного газа по обратному на-

Чер. 11.



правленію, чѣмъ по нимъ проходитъ газъ, такимъ образомъ подогреваютъ парь и возвращаютъ въ генераторъ большую часть тепла, уносимую генераторнымъ газомъ (устройство генератора Лёва). Горючее, богатое золою, не позволяетъ примѣненія регенераторовъ, потому что насадки ихъ быстро разбѣдаются золою, уносимую токомъ газовъ \*).

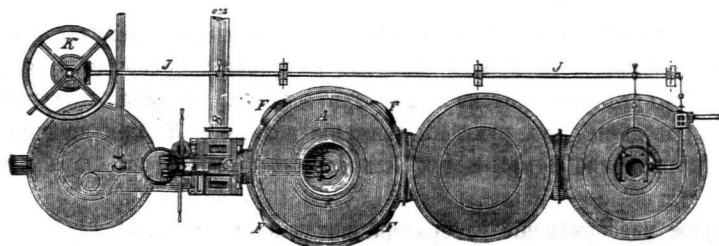
На чер. 11 и 12 показанъ первый генераторъ для водяного газа, по-

\*) Подробныя описанія всѣхъ видовъ генераторовъ для водяного газа можно найти въ Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen. Статья M. Geifel: „Ueber das Wassergas und seine Verwendung in der Technik“— Bd. XXIV, XXV и XXVI,

построенный въ Германіи \*). *A*—шахтная печь съ желѣзнымъ кожухомъ; предназначенная для засыпанія горючаго матеріала и снабженная сверху засыпной воронкою. Когда грушевидная пробка открываетъ засыпное отверстіе, чтобы пропустить горючее въ генераторъ, вышерасположенная тарелка закрываетъ плотно верхнее отверстіе засыпной коробки, чтобы наружный воздухъ не попадалъ въ генераторъ. Дутье приводится по трубѣ *B* и поступаетъ въ нижнюю часть печи, если золотникъ *C*, охлаждаемый водою, установленъ соотвѣтственно.

Въ коробкѣ, расположенной подь золотникомъ, имѣются три канала, какъ при золотникахъ паровыхъ цилиндровъ. Средній, показанный въ разрѣзѣ на чер. 11, соединяется съ внутренней частью генератора, второй закрываетъ воздухоприводную трубу, третій—газоотводную трубу. Смотри по положенію золотника, внутренней каналъ можетъ соединяться съ од-

Чер. 12.



нимъ изъ крайнихъ, или можетъ быть вполне закрытъ. Охлажденіе водою канала и золотника необходимо ввиду того, что при передвиженіи золотника воздухъ можетъ попасть въ газопроводный каналъ и при нагрѣтомъ состояніи послѣдняго образовать взрывъ газа.

Повыше поступления дутья въ генераторъ, расположенъ желѣзный, кольцообразный ящикъ *E*, наполненный водою и служащій для охлажденія; при горючемъ, богатомъ золою, это приспособленіе признано необходимымъ. Такъ какъ діаметръ водяного кольца меньше, чѣмъ нижній діаметръ генератора, куда поступаетъ дутье, то въ узкомъ мѣстѣ образуется слой затвердѣвшаго шлака, который удаляютъ время отъ времени черезъ отверстія *FF*, чер. 12.

Образующійся при вдуваніи воздуха генераторный газъ, выходитъ изъ него черезъ боковую трубу въ регенераторъ, а оттуда уходитъ черезъ желѣзную трубу *G* на воздухъ. Первоначально сжигали газъ, приводя воз-

\*) „Stahl und Eisen“, 1886. Blatt II.

духъ черезъ верхнюю трубу, расположенную по лѣвую сторону генератора; но частый ремонтъ насадокъ регенераторовъ, сплавляющихся отъ высокой температуры, заставилъ отводить газы несгорѣвшими, такъ что регенераторы нагрѣвались только насчетъ теплоты, уносимой газами изъ генератора. Температура ихъ достигала 500°.

Устройство регенераторовъ понятно изъ чертежа. Первый регенераторъ, расположенный ближе къ генератору, въ которомъ собирается много пыли, состоитъ изъ удлинненныхъ каналовъ, открытыххъ вверху и внизу; второй устроенъ совершенно такъ же какъ при печахъ Сименса.

Послѣ прекращенія дутья впускаютъ паръ по трубѣ, показанной на обѣихъ фигурахъ, въ послѣдній регенераторъ, который паръ проходитъ по обратному направленію, нежели газъ, поступаетъ въ генераторъ, проходитъ слой горячаго сверху внизъ, разлагается и получающійся при этомъ водяной газъ поступаетъ въ промывную башню (скрэбберъ), наполненную крупными кусками кокса, смачиваемаго водою; изъ башни водяной газъ поступаетъ наконецъ въ газометръ.

Во избѣжаніе несчастныхъ случаевъ отъ взрывовъ гремучаго газа, могущихъ приключиться при ошибочномъ выполненіи приказовъ о закрываніи, или открываніи притока пара или воздуха, устроенъ зубчатый приводъ, приводимый отъ руки въ движеніе колесомъ *K*, при помощи котораго одновременно открывается, или закрывается доступъ пара или воздуха.

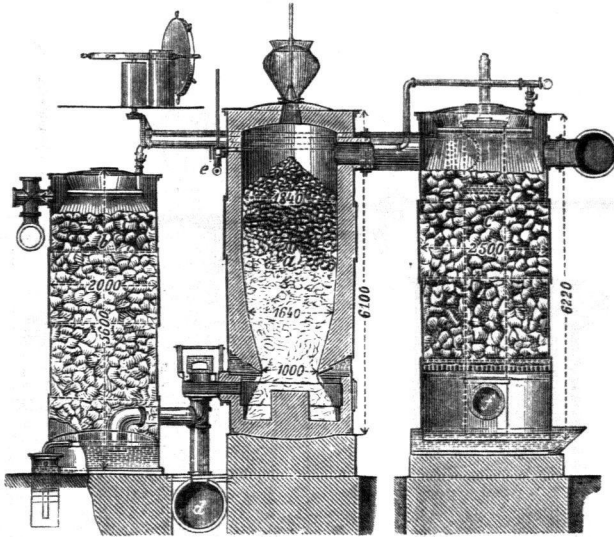
Другое видоизмѣненіе генератора показано на чер. 13 и 14; оно имѣетъ то преимущество, что образующійся генераторный газъ не теряется, подобно предыдущему, но идетъ на отопленіе паровыхъ котловъ и другихъ приспособленій. Это устройство пригодно для производства въ большомъ видѣ.

Генераторъ *a* устроенъ такъ же точно, какъ при вышеописанномъ способѣ. Какъ видно на планѣ чер. 14 здѣсь имѣются два генератора, газы изъ которыхъ собираются въ одной промывной башнѣ. Дутье поступаетъ снизу по общей для обѣихъ генераторовъ трубѣ, расположенной ниже охлаждающаго кольца. Паръ поступаетъ по трубѣ *e*, расположенной слѣва, вверху генератора чер. 13. Устройство золотника и привода для запиранія и открыванія притока газа и воздуха, такое же точно, какъ вышеописанное; удаленіе шлака черезъ дверцы производится такъ же точно. Образующійся при вдуваніи воздуха генераторный газъ уходитъ изъ генератора по желѣзной трубѣ, расположенной вверху, справа и проходитъ внизъ приемника *c*, служащаго для очищенія газа отъ пыли и закрытаго внизу водою. Генераторный газъ поступаетъ внизъ приемника по трубѣ *f*, поднимается вверху по средней части его и отводится по трубѣ *F* къ мѣсту назначенія. Водяной газъ выходитъ черезъ вышеупомянутый золот-



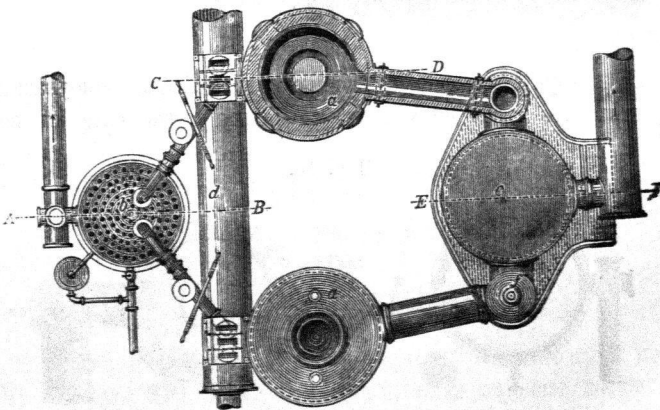
никъ, служащій для привода воздуха и расположенный слѣва, внизу ге-

Чер. 13.



нератора, проходитъ черезъ промывную башню *B* и направляется въ га-  
зомеръ по трубѣ *A*, расположенной вверху, слѣва башни.

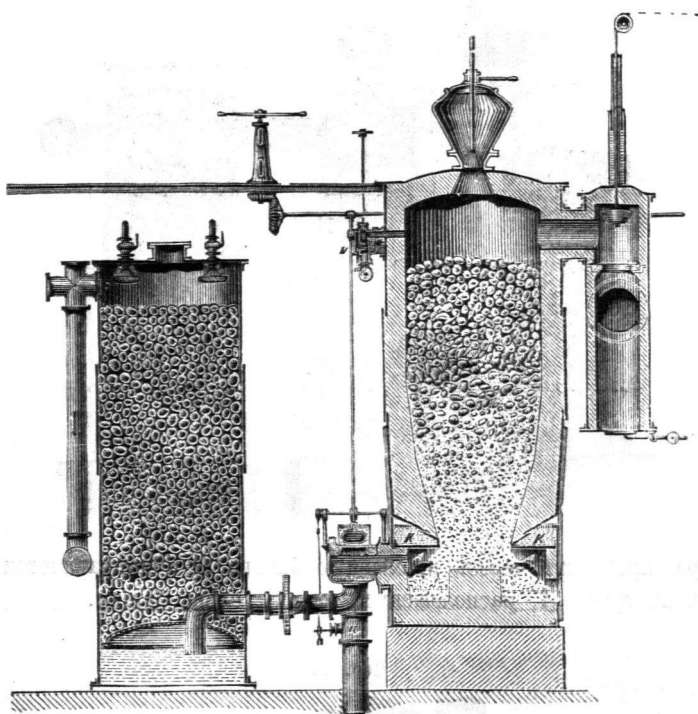
Чер. 14.



Нѣсколько упрощеннаго вида такой же генераторъ, построенный нѣ-  
сколько лѣтъ тому назадъ въ Витковицахъ, показанъ на чер. 15 и 16, а  
на чер. 17 показанъ въ уменьшенномъ масштабѣ планъ всего устройства.

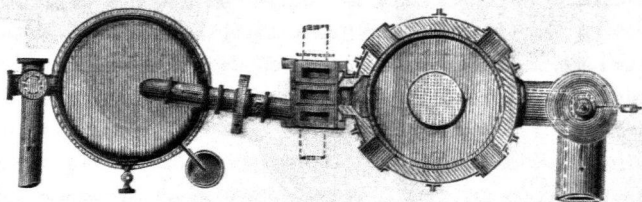
Очистка генераторнаго газа здѣсь не имѣетъ мѣста, а водяной газъ очищается подобно предыдущему. Въ воздухоприводной трубѣ помѣщается

Чер. 15.



клапанъ *D*, который запирается при передвиженіяхъ вышеуказаннаго золотника, такъ что здѣсь не можетъ случиться смѣси газа съ воздухомъ,

Чер. 16.



если даже золотникъ дѣйствуетъ неисправно. Во избѣжаніе порчи газопровода отъ расширения его, при проходѣ горячаго газа, и сжатія, при проходѣ воздуха, между генераторомъ и промывной башней помѣщенъ урав-



нѣйшей очистки служатъ два ящика *сс*, наполненные стружками, изъ которыхъ каждый представляетъ около 25 кв. м. поверхности. Отсюда водяной газъ направляется въ общій газометръ 1,200 куб. м. емкостью, состоящій изъ колокола, 15,5 м. діаметромъ и 7,35 м. высотой, и кирпичнаго пріемника съ водою 16,1 м. діаметромъ и 7 м. глубиною. Газъ, предназначенный для отопленія, проведенъ непосредственно изъ газометра къ мѣсту назначенія по трубамъ, между тѣмъ какъ газъ, предназначенный для освѣщенія, проведенъ предварительно въ очистительное отдѣленіе для окончательной очистки.

При одновременной работѣ всѣхъ трехъ генераторовъ, получается непрерывная струя водяного и генераторнаго газа, причѣмъ два генератора даютъ генераторный газъ, а третій—водяной и перемѣна происходитъ черезъ равныя промежутки времени \*).

в) *Производство*. Самымъ подходящимъ матеріаломъ для полученія водянаго газа слѣдуетъ признать сухой, каменный уголь (антрацитъ), или коксъ. Выдѣленіе летучихъ составныхъ частей изъ угля происходитъ при полученіи генераторнаго газа, который неизбежно долженъ быть получаемъ при производствѣ водянаго газа; но тѣмъ больше летучихъ веществъ, тѣмъ больше теплоты расходуется на ихъ выдѣленіе, тѣмъ больше расходъ горючаго для достиженія температуры, необходимой при образованіи водянаго газа и больше отношеніе между генераторнымъ и водянымъ газомъ. При обработкѣ богатыхъ смолою горючихъ матеріаловъ приходится снабжать газопроводы особыми приспособленіями для чистки ихъ.

Родина водянаго газа—Америка (Пенсильванія), богата антрацитомъ, который тамъ и примѣняется для этой цѣли. Въ Германіи и Австріи преимущественно примѣняютъ коксъ, получаемый при производствѣ свѣтильнаго газа, а если въ немъ недостатокъ, то примѣшиваютъ, бѣдный газами, неспекающійся уголь (въ Гэрдэ примѣняютъ 80% тощаго угля и 20% плотнаго кокса). Производство кокса, специально для водянаго газа, сильно возвышаетъ стоимость послѣдняго.

Для пуска въ ходъ генератора растопляютъ въ немъ дрова, засыпаютъ уголь (въ началѣ около 700 кил.) и пускаютъ дутье. По мѣрѣ разгоранія угля въ генераторѣ прибавляютъ новое количество его; весь генераторъ наполняется такимъ образомъ въ теченіе 1½ часа. По мѣрѣ возрастанія слоя горючаго увеличиваютъ упругость дутья и послѣ наполненія генератора, вышеуказанныхъ размѣровъ, упругость дутья достигаетъ 400 мм. по водяному манометру. Когда уголь достаточно раскалится, прекращаютъ

\* Описание устройства для полученія водянаго газа, примѣняемаго къ металлургическимъ цѣлямъ на одномъ изъ американскихъ желѣзныхъ заводовъ, можно найти въ «Stahl und Eisen» за 1887 г., стр. 193.

дутье и пускаютъ парь упругостью около 700 мм. Парь пускаютъ въ теченіе 4—5 мин., а воздухъ 1030 мин. \*).

Время отъ времени приходится удалять шлакъ, что производятъ послѣ прекращенія дутья черезъ вышеупомянутыя дверцы. При богатомъ золою горючемъ чистку шлака производятъ черезъ два часа, причемъ она продолжается около 20 м.; все это время генераторъ не работаетъ. При бѣдномъ золою горючемъ дутье можетъ продолжаться до 6-ти часовъ, а затѣмъ слѣдуетъ чистка шлака.

Изъ 1 кил. горючаго (коксъ съ содержаніемъ 10% золы), по имѣющимся даннымъ, получаютъ въ среднемъ 1 куб. м. водянаго газа и 4 куб. м. генераторнаго. При богатомъ золою коксѣ, каменномъ углѣ, или при производствѣ въ маломъ видѣ это отношеніе уменьшается; такъ напр., на маломъ заводѣ въ Фюрстенвальдѣ 1 куб. м. водянаго газа получили изъ 1,6—1,7 кил. кокса. Чѣмъ больше расходъ горючаго на опредѣленный объемъ водянаго газа, тѣмъ больше отношеніе между получаемыми количествами генераторнаго и водянаго газа.

Расходъ пара на 1 кил. горючаго достигаетъ 0,4 кил., а этого количества достаточно для полученія 1 куб. м. водянаго газа.

Генераторъ, показанный на фиг. 94, давалъ въ 1 ч. 450 до 500 куб. м. водянаго газа.

Для дутья примѣняютъ вентиляторы, или простыя воздуходувные машины. На 1 куб. м. водянаго газа расходъ дутья равенъ 3,3 куб. м. Если давленіе дутья 400 мм. по водяному манометру, то для часоваго производства 500 куб. м. водянаго газа необходима сила въ 10 паровыхъ лошадей, причемъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія воздуходувнаго прибора принятъ въ 0,4.

г) *Преимущества и недостатки водянаго газа въ сравненіи съ генераторнымъ газомъ.* Выше сравнивались нѣсколько разъ преимущества водянаго и генераторнаго газа, но чтобы рѣшить вопросъ, который изъ нихъ выгоднѣе для нагрѣванія, нужно взвѣсить всѣ обстоятельства, связанныя съ полученіемъ обоихъ родовъ газа. Въ общемъ нельзя дать прямого отвѣта на вопросъ: выгоднѣе ли приготовленіе водянаго, или генераторнаго газа въ отношеніи пользованія горючимъ. Если напр., готовить генераторный газъ изъ тощаго каменнаго угля (бѣднаго газомъ) и охлаждать его вполне въ газопроводахъ, а съ другой стороны, получающійся при производствѣ водянаго газа генераторный газъ утилизировать, то послѣдній выгоднѣе; но если генераторный газъ сжигать

\*) Въ Эссенѣ, по даннымъ Фишера, парь пускаютъ 5 м., а воздухъ 10 м., а въ Витковцахъ, напротивъ, работаютъ при доступѣ пара въ теченіе 3 $\frac{1}{2}$ —4 м., а воздухъ пропускаютъ 10—20 м. (Stahl und Eisen 1889. S. 931).

горячимъ, а водяной—послѣ охлажденія, то первый окажется выгоднѣе, особенно, если получающійся при производствѣ водяного газа генераторный газъ не утилизируется.

Чѣмъ больше газа и воды содержитъ горючее, тѣмъ невыгоднѣе приготовленіе изъ него водяного газа въ сравненіи съ генераторнымъ.

Болѣе полная утилизація горючаго при полученіи одного, или другаго газа можетъ быть вычислена посредствомъ сравненія теплопроизводительной способности газа и горючаго, служащаго для полученія его. Кромѣ того слѣдуетъ сравнить тепловой эффектъ полученныхъ газовъ, послѣ ихъ сгорания. По вышеуказанному эффектъ этотъ тѣмъ выше, чѣмъ выше температура горѣнія и чѣмъ меньше вѣсъ продуктовъ горѣнія, уносимыхъ изъ печи, а оба эти условія благоприятнѣе для водяного газа.

Практическія данныя, хотя до сихъ поръ немногочисленныя, говорятъ въ пользу водяного газа. Такъ, при мартеновскихъ \*) печахъ для приготовления 1 кил. стали расходуютъ 0,7 куб. м. водяного газа съ теплопроизводительною способностью въ 1.800 ед. т.; при генераторномъ газѣ расходъ каменнаго угля на 1 кил. стали составляетъ 0,4 кил., отвѣчающій 1,8 куб. м. газа съ теплопроизводительной способностью въ 1.900 ед. т. (не принимая во вниманіе теплоты, приносимой газомъ изъ генератора). Если основываться только на этихъ данныхъ, то водяной газъ бесспорно выгоднѣе генераторнаго. Для полученія 0,7 куб. м. водяного газа нужно по вышеуказанному 0,7 кил. горючаго, которые кромѣ водяного газа даютъ еще 2,1 до 2,8 куб. м. генераторнаго газа. Но теплопроизводительная способность послѣдняго меньше, чѣмъ обыкновеннаго генераторнаго газа \*\*). Во всякомъ случаѣ, если только этотъ генераторный газъ не тратится понапрасну, примѣненіе водяного газа выгоднѣе. Если же генераторный газъ, получаемый попутно водяному, теряется, то одинъ водяной газъ даетъ около 75% теплоты, заключающейся въ горючемъ матеріалѣ; если же онъ примѣняется для отопленія паровыхъ котловъ, то является вопросъ: сколько горючаго сберегается этимъ путемъ. Изъ всего вышесказаннаго ясно, что вопросъ о примѣненіи водяного газа пока трудно разрѣшить, потому что производство его еще мало распространено и нѣтъ соответственныхъ данныхъ.

Такъ какъ водяной газъ занимаетъ меньше мѣста, чѣмъ генераторный съ тою же теплопроизводительною способностью (1 куб. м. водяного газа равенъ по теплопроизводительной способности, по вышеуказанному, 2,5 до 3 куб. м. генераторнаго газа) и не можетъ быть приводимъ въ печь

\*) Stahl und Eisen. 1889. 8. 998.

\*\*\*) По Фишеру 1 куб. м. генераторнаго газа, получаемаго попутно водяному даетъ 950 ед. т., а обыкновеннаго—1.050 ед. т.

безъ охлажденія, то онъ болѣе пригоденъ для провода на большія разстоянія. Онъ требуетъ газопроводовъ меньшихъ размѣровъ и потеря теплоты при различныхъ разстояніяхъ одинакова.

Устройство и производство водяного газа дороже, чѣмъ генераторнаго. Такъ, генераторы для водяного газа, съ часовой производительностью въ 500 куб. метр., стоятъ 32.000 марокъ (Stahl und Eisen. 1889, стр. 995). Для приготовленія генераторнаго газа съ такою же теплопроизводительною способностью нужно 10 генераторовъ, стоимость которыхъ не превыситъ 20.000 мар. Полученіе пара, содержаніе воздухоудвнющей машины и очистка газа—это такіе расходы производства водяного газа, которыхъ нѣтъ при генераторномъ.

Изъ всего вышесказаннаго слѣдуетъ, что трудно ожидать въ ближайшемъ будущемъ вытѣсненія генераторнаго газа водянымъ, какъ нѣкоторые полагаютъ. Въ нѣкоторыхъ, вполне определенныхъ случаяхъ, водяной газъ безспорно выгоднѣе генераторнаго; случаи эти слѣдующіе: присутствіе горючаго, бѣднаго газомъ, пригоднаго болѣе для полученія водяного газа, чѣмъ генераторнаго, и развитіе производства, при которомъ можно пользоваться генераторнымъ газомъ, получаемымъ одновременно съ водянымъ. Выгоднѣе также примѣненіе водяного газа при значительныхъ разстояніяхъ между генераторами и печами, а также для достиженія высокихъ температуръ горѣнія. Гдѣ нѣтъ вышеуказанныхъ условій, тамъ едва ли можно ожидать выгоды отъ замѣны генераторнаго газа водянымъ, особенно, если для полученія послѣдняго нужны еще какія либо побочныя приспособленія (напр. полученіе кокса и проч.).

Полученіе водяного газа въ большемъ масштабѣ и проведеніе его въ различныя мѣста потребленія безспорно повліяетъ на пониженіе стоимости его и окажетъ услугу промышленности.

Водяной газъ не оправдалъ возлагаемыхъ на него надеждъ и въ настоящее время онъ уже почти повсѣмѣстно замѣненъ генераторнымъ съ введеніемъ пара.

## ОТДѢЛЪ ВТОРОЙ.

### ПЕЧЬ.

Хотя принципъ постройки регенеративныхъ печей Сименса одинъ и тотъ же, но различные строители видоизмѣняли нѣкоторыя ихъ части, съ цѣлью отыскать наиболѣе выгодный въ экономическомъ отношеніи типъ печи, т. е. типъ съ наибольшимъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія и наименьшей потребностью въ ремонтѣ.

Видоизмѣненіямъ подвергались главнымъ образомъ; сводъ, каналы, число и расположеніе ихъ, заволочныя окна, насадки ретенераторовъ газо-распределительные аппараты и проч.

Одно время строили печи съ вогнутымъ сводомъ, пока опытъ не показалъ всю ихъ непрактичность, такъ какъ расходъ горючаго здѣсь больше, чѣмъ въ печахъ съ выпуклымъ сводомъ (газы недостаточно перемѣшиваются съ воздухомъ и не всѣ сгораютъ въ плавильномъ пространствѣ), а ремонтъ печи обходится очень дорого по причинѣ кратковременности срока службы печей съ вогнутымъ сводомъ. Такъ, при хорошо устроенномъ выпукломъ сводѣ можно сдѣлать до 700 плавокъ и больше безъ ремонта послѣдняго, между тѣмъ какъ вогнутые своды изъ того же матеріала обыкновенно не выдерживаютъ и 100 плавокъ безъ ремонта. Теперь выпуклость свода дѣлаютъ только по ширинѣ печи, о чемъ скажу ниже.

Каналы, приводящіе газъ и воздухъ, въ началѣ устраивали слѣдующимъ образомъ: газъ проходилъ въ печь двумя каналами, надъ которыми располагался третій, продолговатой формы, для притока воздуха. Основаніемъ такого расположенія служило соображеніе, что здѣсь получается длинное пламя, но оно то и вовсе нежелательно, потому что часть газа сгораетъ при этомъ напрасу въ камерахъ регенаторовъ, а сводъ печи быстро плавится, благодаря постоянному дѣйствію струи раскаленнаго воздуха, температура котораго всегда выше температуры газа \*) (см.

\*) Въ Англии возвращаются одно время къ печамъ такого типа.



Часть I, Отд. I, гл. III). Впослѣдствіи всѣ каналы стали располагать на одной горизонтальной линіи, но при этомъ газъ направляли въ самые крайніе каналы и въ средній, а воздухъ въ промежуточные. Опытъ показалъ, что боковыя стѣны печи (продольныя) сгораютъ при этомъ слишкомъ скоро. Лучше расположеніе пяти каналовъ на одной горизонтальной линіи, при чемъ воздухъ проходитъ въ два крайніе и одинъ средній каналъ, а газъ въ два промежуточные. Получающіяся при этомъ двѣ струи газа сгораютъ сполна, не доходя до поперечныхъ стѣнокъ печи, а для предохраненія свода отъ сгорания, каналамъ сообщаютъ такой уклонъ, чтобы продолженіе ихъ приходилось приблизительно на  $\frac{1}{4}$  длины ванны. Подробное разсмотрѣніе этого вопроса см. Гл. III и слѣд.

Число и величина завалочныхъ оконъ въ печи также измѣнялись съ теченіемъ времени. Для печей съ кислую набойкой слѣдуетъ признать лучшимъ пять оконъ, изъ которыхъ три помѣщаются на передней сторонѣ печи и два на задней (выпускной). Среднее окно на передней сторонѣ самое большое, а крайнія—и на задней сторонѣ меньше и одинаковы по размѣрамъ.

Въ основныхъ печахъ не дѣлаютъ оконъ въ задней стѣнкѣ, потому что послѣдняя быстро прогараетъ при такомъ устройствѣ, но по профили пода здѣсь достаточно трехъ оконъ на передней сторонѣ для ремонта набойки.

Насадки регенераторовъ прежде занимали не больше  $\frac{2}{3}$  высоты камеръ, теперь ихъ выкладываютъ почти до свода камеръ и увеличиваютъ высоту каналовъ подъ ними, потому что засореніе послѣднихъ шлакомъ влечетъ за собою остановку печи для перекалыванія насадокъ. Для болѣе удобной чистки каналовъ подъ насадками устраиваютъ особыя приспособленія (корридоры), о чемъ скажу ниже.

Клапанные аппараты, для перемѣны направленія газовъ замѣнили колокольными аппаратами хотя и они имѣютъ свои неудобства.

Величина \*) вмѣстимости мартен. печей долго составляла спорный вопросъ, но въ послѣднее время окончательно взяло верхъ увеличеніе размѣровъ печей. Новые стальные заводы въ сѣверной Англій работаютъ на печахъ въ 30, 40 и 50 тон. завалки; какъ нормальную можно принять печь съ производительностью въ 40 т. стальной болванки. Такая печь при непрерывной работѣ даетъ 9 плавокъ въ недѣлю (съ 6 ч. вечера въ воскр. до 3 ч. по пол. въ субботу) въ теченіи 141 ч. т. е. на одну плавку требуется  $\frac{141}{9} = 15\frac{2}{3}$  ч., включая ремонтъ пода и завалку. Недѣльная производительность такой печи  $= 40 \times 9 = 360$  т. стали въ болванкахъ. Цыфра эта въ дѣйствительности меньше; такъ какъ необходимо считать отъ

\*) I. Stead. Iron and Steel Institute 1897 г. LI.

$\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{3}$  части печей на ремонтъ. 40-тонная печь требуетъ въ теченіе  $15\frac{2}{3}$  ч.  $40 \times 1,2 = 48$  т. заваливаемаго матеріала, для посадки котораго въ печь необходимо  $3\frac{1}{2}$  ч. или въ 1 ч.  $\frac{48}{3,5} = 13,7$  т. Работу эту выполняетъ 4 рабочихъ, слѣдов. каждый рабочій въ 1 ч. заваливаетъ 3,4 тонны. Въ сѣверной Англии большія печи обыкновенно снабжены двумя окнами на выпускной сторонѣ, кромѣ трехъ оконъ на завалочной, что даетъ возможность окончить въ  $3\frac{1}{2}$  ч. завалку 48 т. матеріала. Рабочая плата въ Англии составляетъ на 1 т. полученной стали 1 шил.  $10\frac{1}{2}$  п. (около 45 коп.). Недѣльный заработокъ на 40 т. печи = 1 ш.  $10\frac{1}{2}$  п.  $\times 40 \times 9 = 33$  ф. 15 ш. на 8 человекъ, то 1 рабоч. получаетъ въ недѣлю 4 ф. 4 ш.  $4\frac{1}{2}$  п. (свыше 35 руб.).

Относительно величины мартеновскихъ печей Кампбелль еще въ 1893 г. на конгрессѣ въ Чикаго сказалъ слѣдующее: Вместимость мартеновскихъ печей можетъ быть увеличиваема безпредѣльно; ошибочно мнѣніе, что изъ большихъ печей нельзя получить хорошаго качества стали. Единственное затрудненіе при большихъ печахъ, это дальнѣйшее передвиженіе и обработка крупныхъ болванокъ. Для болванки въ 100 т. подъемный кранъ долженъ быть громаднымъ; гораздо труднѣе прокатать болванку въ 100 т. въ теченіе 10 ч. времени, нежели 5 болванокъ по 20 т. въ теченіе двухъ часовъ. Кромѣ того при отливкѣ большихъ болванокъ приходится выпускать очень горячую сталь, чтобы она не остыла въ теченіе продолжительной отливки, а свойства горячей стали неудобны. Въ виду вышесказаннаго Кампбелль признаетъ самой подходящей печь въ 40—50 т. вместимостью.

Изъ обзора Шведскихъ печей Э. Одельштиерна \*) видно, что тамъ примѣняются преимущественно десятитонныя печи. Своды печей дѣлаютъ очень высокіе; ловители для шлака примѣняютъ давно; выходы газовыхъ и воздушныхъ каналовъ дѣлаютъ по возможности болѣе наклонными къ полу, чтобы достигнуть быстро навариванія набойки; объемъ регенеративныхъ камеръ очень большой, по 2,5 куб. м. на 1 т. выплаваемой стали; прежнія лежація камеры регенераторовъ повсемѣстно замѣнены вертикальными камерами, которыя по возможности строятъ въ сухомъ мѣстѣ, для избѣжанія потери теплоты; выдающаяся надъ поверхностью часть регенеративныхъ камеръ покрыта азбестомъ, а сверху желѣзными листами; своды камеръ отлоги и покрыты слоемъ песка въ 300 мм. толщиной. Все это дѣлается съ цѣлью уменьшенія потери теплоты, а слѣдовательно экономіи горючаго. Только стѣны плавильнаго пространства ничѣмъ не закрыты, кромѣ чугунныхъ плитъ 30 мм. толщиной. Для перемѣны направленія тока газовъ лучшими признами колокольные аппараты.

\*) Stahl und Eisen. 1894 г. 702 стр.

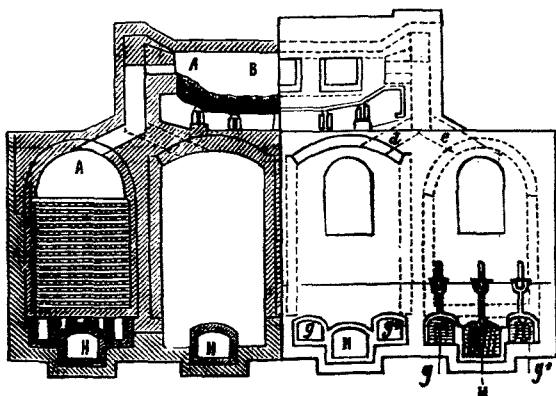
съ охлаждаемымъ основаніемъ. Размѣры воздушныхъ и газовыхъ камеръ одинаковы. Расходъ каменнаго угля составляетъ 20—25% выплавленной стали, при шихтѣ съ 60—70% чугуна и 40—30% стальныхъ и желѣзныхъ обрѣзковъ. Незначительная величина печей (въ 10 т.) обусловлена приготовленіемъ стали лучшихъ качествъ, не уступающей тигельной стали, а при печахъ большей вмѣстимости труднѣе достигнуть полной однородности стали. Въ Швеціи готовятъ, главнымъ образомъ, три сорта стали: 1) мягкую сталь съ содержаніемъ углерода до 0,15%; 2) инструментальную сталь съ содержаніемъ углерода выше 0,45%, и 3) сталь для фасонныхъ отливокъ. Сталь съ содержаніемъ отъ 0,2—0,4% С. готовится очень рѣдко, за исключеніемъ заводовъ, готовящихъ тяжелые листы.

Къ числу послѣднихъ выводовъ изъ усовершенствованія мартеновскихъ печей слѣдуетъ отнести слѣдующее: каждая печь снабжается отдѣльною сильною, вытяжною трубою. Камеры регенераторовъ строятъ совершенно независимо отъ плавильнаго пространства, поддерживая послѣднее прочными продольными стѣнками и расположенными на нихъ поперечниками. Приведеніе газа и воздуха совершается еще различнымъ образомъ, но самымъ распространеннымъ въ Америкѣ и Германіи Шпрингорумъ признаетъ по одному газовому и воздушному окошку на каждой сторонѣ печи, расположенныя одно надъ другимъ. Самыми прочными и производительными оказались длинныя и плоскіе поды и высокіе своды. Основныя печи съ магnezитовыми подами даютъ 1,000—1,500 плавокъ безъ ремонта послѣдняго. Нижеописанныя печи Шенвальдера (см. стр. 69) даютъ 1,000 плавокъ безъ ремонта. Вмѣстимость печей и вѣсъ завалки часто зависятъ отъ мѣстныхъ условій и потребности въ крупныхъ или мелкихъ болванкахъ; въ виду этого въ Вестфали примѣняютъ 15, 20 и даже 25-тонныя печи. Въ Америкѣ распространены поворачиваемыя, для опораживания, печи системы Уильяма и Камбелля. Они имѣютъ слѣдующія преимущества: выпускное отверстіе остается открытымъ; струя вытекающей стали можетъ быть легко регулируема, такъ что большія плавки могутъ быть разливаемы въ нѣсколько ковшей; воздушныя и газовыя окошка послѣ каждой плавки остаются открытыми (при повернутомъ плавильномъ пространствѣ) и могутъ быть легко отремонтированы; вся плавка можетъ быть легко перелита изъ одной печи въ другую; при наклонномъ положеніи печи легко и скоро происходитъ завалка, особенно при помощи завалочной машины. Величина этихъ печей достигаетъ 50 т., а въ 1897 г. заводъ Pennsylvania Steel & построилъ 75 т. печь системы Камбелля. Увеличеніе емкости печей вызвало необходимость въ измѣненіи литейныхъ канавъ; послѣднія или располагаютъ вертикально къ длинѣ печей, или устраиваютъ вдали отъ нихъ.

Для приведенія газа и воздуха въ печахъ Шенвальдера имѣются по

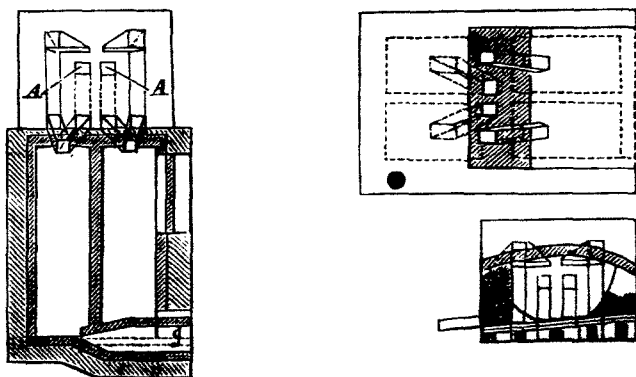
два окошка, расположенны другъ надъ другомъ; каждое окошко сообщается съ отдѣльной камерою регенератора; притокъ газовъ въ каждую камеру регулируется отдѣльной задвижкой, такъ что онѣ могутъ работать

Чер. 18.



сильнѣе, или слабѣе. Каждая изъ прежнихъ четырехъ камеръ раздѣлена пополамъ поперечною стѣнкою, такъ что имѣется восемь камеръ, сообщающихся съ печью *В*, по каналамъ *А*.

Чер. 19.

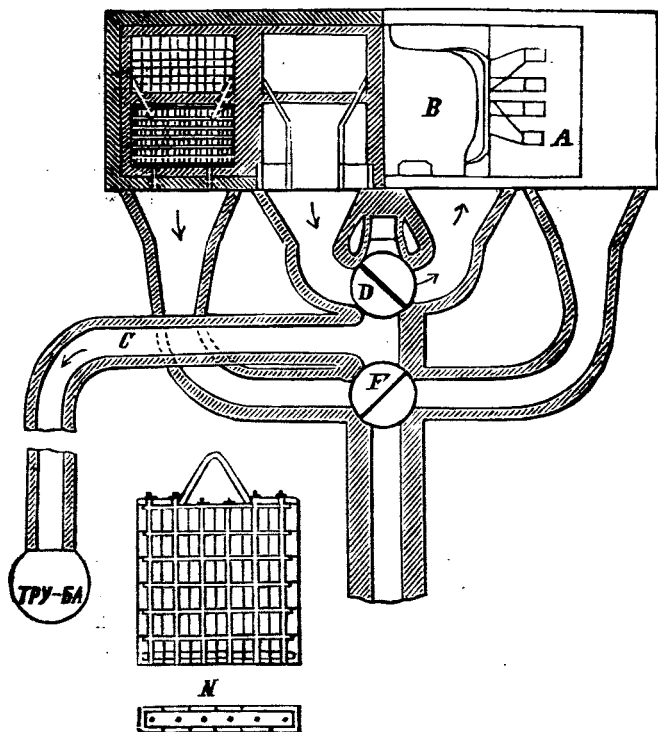


Вертикальные газовые каналы, ведущіе изъ камеръ въ печи, расположены другъ возлѣ друга и отдѣлены отъ воздушныхъ каналовъ, расположенныхъ въ одной вертикальной плоскости болѣе толстыми, чѣмъ прежде стѣнками, что уменьшаетъ возможность прогара стѣнокъ, раздѣляющихъ каналы. Продукты горѣнія проходятъ по четыремъ (прежде двумъ) другъ противъ друга лежащимъ камерамъ и какъ прежде по двумъ переднимъ

аппаратамъ проходить въ боровки *C* и вытяжную трубу. Подъ каждыя двѣ камеры (прежняя одна) ведутъ три канала *G*, *G*- и *H*, закрываемые огнеупорными задвижками, которыя можно, по желанію, поднимать и опускать и такимъ образомъ регулировать притокъ газа въ соответственную камеру и часть печи, измѣняя произвольно въ послѣдней ту часть ея, которую желательно нагрѣвать сильнѣе.

Для равномернаго изнашиванія насадокъ регенераторовъ каналы *G* и

Чер. 20,



*G*- перекрыты по возможности плоско и сдѣланы ниже и шире, сѣченіе обоихъ каналовъ должно быть точно равно сѣченію канала *H*. Одна камера соединяется съ каналомъ *H*, а другая съ *G* и *G*-. Всѣ вышеуказанныя измѣненія патентованы въ Германіи за № 55707. О дальнѣйшихъ измѣненіяхъ, патентованныхъ въ Германіи за № 64235, Довергъ (Stahl und Eisen 1892. № 122, стр. 994), говоритъ слѣдующее: поперечная стѣнка, раздѣляющая прежнія камеры на двѣ части, доведена до свода и

\*) Stahl und Eisen 1891 г., 386.

составляетъ для него третью точку опоры, что позволяетъ дѣлать своды камеръ не такъ прочными, какъ прежде. Второе видоизмѣненіе состоитъ въ расположеніи вертикальныхъ газовыхъ и воздушныхъ каналовъ не въ одной плоскости, какъ прежде, а въ различныхъ, для устраненія прогорания стѣнокъ между воздушными и газовыми каналами, что влечетъ за собою бесполезное сгораніе части газа до поступления его въ плавильное пространство. Наконецъ третье видоизмѣненіе составляетъ расположеніе выходовъ по діагонали камеръ регенераторовъ, для возможно болѣе полного прониканія газовъ черезъ всю поверхность насадокъ.

Ниже писано устройство распространеннаго у насъ типа печей, который по производительности можно считать довольно совершеннымъ, хотя по величинѣ (около 18 т.) онъ уступаетъ современнымъ требованіямъ.

## ГЛАВА ПЕРВАЯ.

### Постройка печи.

Нѣкоторые строители располагаютъ печи въ выемкахъ грунта такой глубины, чтобы уровень заводскаго пола совпадалъ съ основаніемъ сводовъ надъ камерами регенераторовъ, причемъ изложницы приходится ставить въ глубокой, литейной канавѣ, въ которой рабочимъ неудобно и тяжело работать по причинѣ жара.

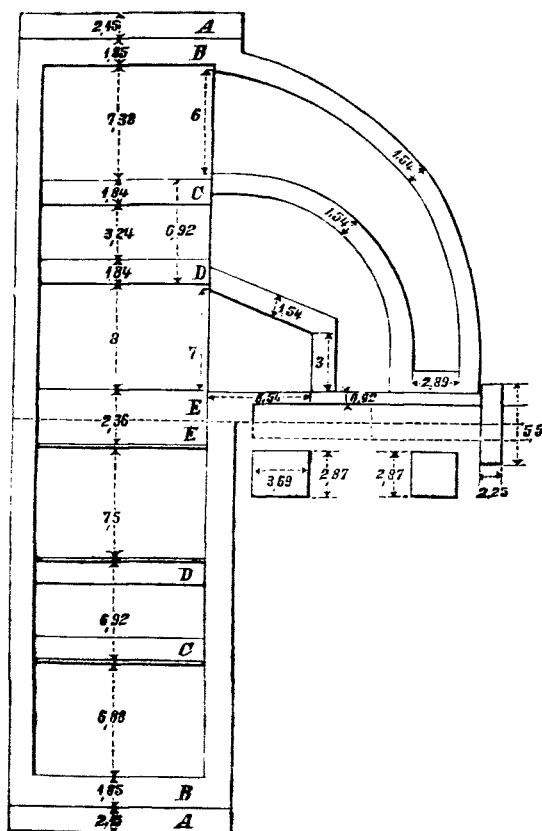
Чтобы избѣжать устройства литейной канавы, лучше располагать печь на заводскомъ полу, съ углубленіемъ въ послѣднемъ фута на два для фундамента, который выкладываютъ изъ дешеваго, но прочнаго матеріала, напр. изъ гранита, плотнаго песчаника, бутовой плиты и т. п., смотря по мѣстнымъ цѣнамъ на различные матеріалы. Толщина кладки измѣняется въ зависимости отъ грунта и отъ матеріала, изъ котораго сложенъ фундаментъ; такъ напр., при глинистомъ грунтѣ толщину фундамента изъ бутовой плиты достаточно сдѣлать въ два фута.

Всѣ приведенные ниже чертежи показаны въ пропорціональныхъ частяхъ, причемъ за единицу мѣры принята ширина крайняго воздушнаго канала при входѣ его въ плавильное пространство, обозначенное черезъ *a*.

На фундаментѣ выводятъ поперечныя стѣнки, длина которыхъ равна ширинѣ камеръ печи = 15,38*a*. Двѣ крайнія стѣнки *A* (см. чер. 21) дѣлаютъ изъ краснаго кирпича, шириною въ 2,15*a*, непосредственно у этой стѣнки выводятъ другую, изъ огнеупорнаго кирпича (*B*), шириною въ 1,85*a*; она служитъ стѣною газовой камеры. На разстояніи 8*a* отъ стѣнки *B* располагаютъ новую стѣну *DC*, шириною въ 6,92*a*; она состоитъ изъ двухъ наружныхъ стѣнокъ *D* и *C* изъ огнеупорнаго кирпича, толщиною

въ 1,84а, а промежутокъ между ними въ 3,24а заполняютъ битымъ, старымъ кирпичемъ до высоты 13,54а, на которой задѣлываютъ весь промежутокъ цѣлымъ огнеупорнымъ кирпичемъ, служащимъ основаніемъ для шлаковыхъ ловителей. За стѣнкой *D* слѣдуетъ промежутокъ тоже въ 8а, который составляетъ воздушную камеру, ограниченную съ другой сто-

Чер. 21.



роны стѣнкой *E*, изъ огнеупорнаго кирпича, толщиною въ 2,36а. Стѣнка эта составляетъ середину печи и раздѣляетъ воздушныя камеры.

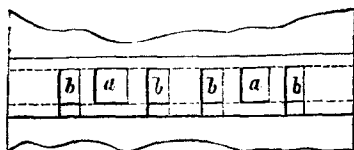
Вторая половина печи строится совершенно такъ же точно, т. е. за воздушною камерою въ 8а шириною, слѣдуетъ стѣнка въ 6,92а толщиною, затѣмъ газовая камера въ 8а шириною, стѣнка изъ огнеупорнаго кирпича въ 1,85а и непосредственно за ней крайняя стѣнка изъ краснаго кирпича въ 2,15а толщиною.

Когда высота стѣнъ доведена до  $1,51a$ , то по крайнѣ ихъ (см. чер. 23) дѣлаютъ основанія для пять арокъ, перекрывающихъ промежутки между стѣнками. Подъ этими арками начинаются каналы, которые строятся впоследствии. Надъ арками выводятъ сплошныя стѣнки, которыя вмѣстѣ съ наружными частями поперечныхъ стѣнъ составляютъ продольную стѣну печи. Вторая продольная стѣна выводится позднѣе.

Выносъ арокъ равенъ  $0,82a$ , надъ ними выводятъ сплошную стѣну до высоты  $6,31a$ , на которой оставляютъ промежутки, служащія основаніемъ окошекъ для ремонта насадокъ. Ширина окошекъ въ воздушной камерѣ  $= 2,74a$ , а въ газовой  $2,66a$  при высотѣ  $7,7a$ .

Поперечныя стѣнки  $B$  и  $E$  выводятъ до высоты  $12,31a$  безъ измѣненій, и на этой высотѣ начинаютъ основаніе цѣля для сводовъ надъ камерами. Стѣнку  $D - C$  выводятъ до той же высоты, на которой ее закладываютъ по всей ширинѣ ( $= 6,92a$ ) однимъ рядомъ огнеупорнаго

Черт. 22.



кирпича. Этотъ рядъ кирпичей служитъ основаніемъ особыхъ камеръ, шириною  $1,38a$  и высотой въ  $2,66a$ , предназначенныхъ для улавливанія шлака и потому называемыхъ шлаковиками, или уловителями. Они отстаютъ другъ отъ друга и отъ внутреннихъ поверхностей стѣнокъ камеръ на разстояніи  $1,38a$  и проходятъ по всей ширинѣ печи, параллельно поперечнымъ стѣнкамъ. На высотѣ  $2,66a$  шлаковики перекрываются сводками, въ которыхъ имѣются отверстія, расположенныя подъ вертикальными каналами, приводящими газъ и воздухъ въ печь. Такимъ образомъ въ сводѣ шлаковика газовой камеры — два канала, а воздушной — три.

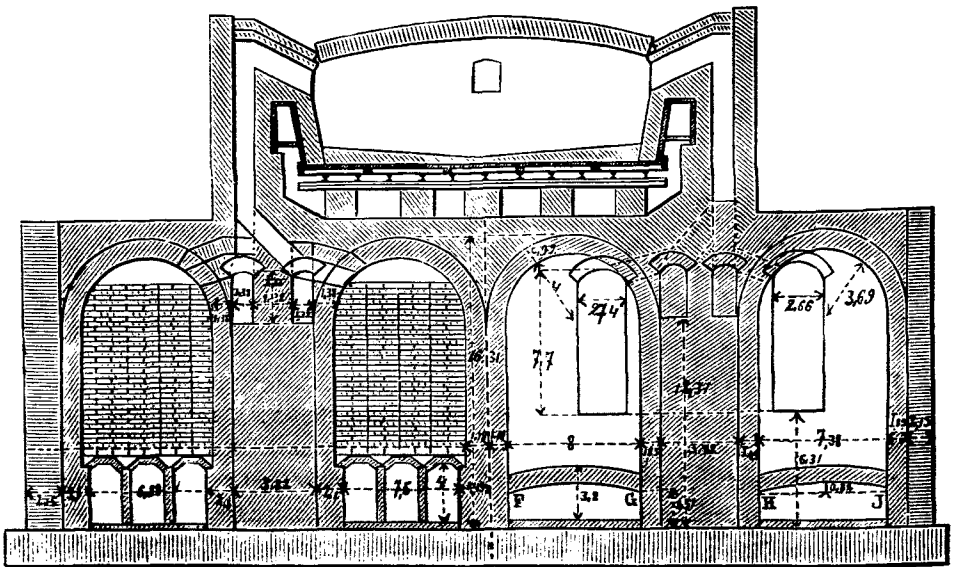
Газы изъ печи проходятъ сначала въ шлаковикъ и, повернувъ подъ большимъ угломъ, поступаютъ въ камеру, причемъ твердыя частицы (шлакъ и сталь), уносимыя постоянно изъ печи, въ силу инерціи, не успеваютъ повернуть по направленію тока газовъ и попадаютъ въ шлаковикъ, откуда ихъ выгребаютъ во время непродолжительныхъ остановокъ. Къ сожалѣнію, только часть твердыхъ частицъ, для которыхъ предназначены шлаковики, остается въ послѣднихъ, а другая часть впрочемъ значительно меньшая уносится газами и засоряетъ насадки. Шлаковикъ только тогда достигаетъ цѣли, когда отверстія въ его сводѣ (см. чер. 22)



под каналами (два или три) не совпадаютъ съ ходами изъ шлаковика въ камеру; этихъ отверстій можно сдѣлать 4—6 и больше. При такомъ устройствѣ струя газовъ перегибается два раза подъ прямымъ угломъ и почти всѣ твердыя части остаются въ шлаковикѣ.

На черт. 22 показанъ видъ сверху шлаковика съ отверстиями въ его сводѣ: *a—a* окончания двухъ газовыхъ каналовъ, *b—b* четыре канала, по которымъ газы проходятъ изъ шлаковика въ камеру. Изъ каждого канала *a* газы поступаютъ въ два канала *b*, повернувъ предварительно два раза подъ прямымъ угломъ. Разрѣзы уловителей показаны на черт. 23.

Черт. 23.



Примѣненіе уловителей признаютъ въ послѣднее время особенно важнымъ для основныхъ печей, причемъ совѣтуютъ выкладывать ихъ магнезитовыми кирпичами, чтобы предохранить отъ дѣйствія частицъ основнаго шлака, уносимыхъ токомъ газовъ. Уловители между камерами увеличиваютъ длину печи, а уловители передъ камерами трудно выполнимы при постройкѣ. Уловители, расположенные внѣ камеръ, проектированные достаточныхъ размѣровъ особенно выгодны при рудномъ процессѣ и при печахъ съ низкимъ порогомъ и малымъ наклономъ каналовъ, вводящихъ въ печь газы.

Въ Швеции уловители примѣняются уже около 10-ти лѣтъ.

На высотѣ 12,31а надъ фундаментомъ, какъ сказано выше, заклады-

ваютъ по всей ширинѣ печи пяты для сводовъ подѣ камерами. Своды эти въ настоящее время дѣлаютъ отлогими; выносъ ихъ равенъ четверти разстоянія между пятами. Какъ внутреннія стѣнки камеръ, такъ и своды дѣлаютъ изъ огнеупорнаго кирпича, который по качествамъ не уступалъ бы англійскому кирпичу — *ленбойзъ*.

Въ сводахъ дѣлаютъ нѣсколько (4—6) отверстій, по которымъ газы проходятъ изъ уловителей въ камеры и обратно, при посредствѣ особыхъ каналовъ, перекрытыхъ сводиками.

Вертикальные каналы, приводящіе газъ въ плавильное пространство печи, совпадаютъ съ уловителями газовыхъ камеръ, но уловители воздушныхъ камеръ отстоятъ на  $2,66a$  отъ послѣднихъ, такъ что вертикальные воздушные каналы въ нижнихъ своихъ частяхъ переходятъ въ наклонные каналы, перекрытые сводами и соединяющіе три отверстія въ сводахъ уловителей съ тремя вертикальными воздушными каналами, оканчивающимися въ плавильномъ пространствѣ печи.

Какъ газовые, такъ и воздушные (вертикальные) каналы выкладываются изъ лучшаго кварцеваго кирпича, вплоть до самыхъ уловителей. По качествамъ, кирпичъ кварцевый не долженъ уступать англійскому — *dinas*.

Когда окончены уловители и сведены своды надъ камерами, то часть рабочихъ освобождается, ихъ распредѣляютъ для выведенія каналовъ, приводящихъ газъ и воздухъ подѣ насадки регенераторовъ.

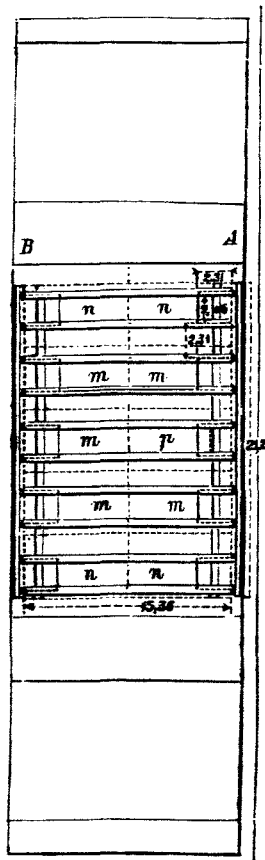
Каналы газовыхъ камеръ имѣютъ видъ близкій къ  $\frac{1}{4}$  окружности (см. черт. 21); при выходѣ изъ камеры ширина ихъ равна  $6a$ , а подѣ газовымъ аппаратомъ она равна  $2,82a$ ; толщина стѣнокъ каналовъ равна  $1,54a$ ; онѣ выводятся до высоты  $2,6a$ , на которой закладываютъ пяты сводовъ, перекрывающихъ каналы; выносъ свода равенъ  $0,46a$ . Сводъ не выкладываютъ на разстояніи  $6,77a$  отъ конца канала, такъ какъ на этомъ мѣстѣ устанавливаютъ газовый аппаратъ. Этотъ промежутокъ въ сводѣ раздѣленъ двумя небольшими сводиками въ  $0,92a$ , на которые опираются края аппарата и боковыя коробки. Стѣнки каналовъ и сводъ выкладываютъ изъ огнеупорнаго кирпича, а внизу каналъ настилаютъ тоже огнеупорнымъ кирпичемъ, но старымъ, бывшимъ уже въ употребленіи.

Воздушные каналы имѣютъ видъ трапеціи; ширина ихъ у выхода изъ камеры равна  $7a$ , а у самаго конца —  $3a$ , между тѣмъ какъ вся длина канала составляетъ только  $6,54a$  (длина газоваго канала =  $24,64a$ ); толщина стѣнокъ равна  $1,54a$ , высота канала =  $2,67a$ , выносъ свода =  $0,31$ . Сводъ и стѣнки выкладываютъ изъ огнеупорнаго кирпича. Въ сводѣ оставляютъ промежутокъ въ  $3,69a$  длиною и  $2,87a$  шириною, надѣ которымъ устанавливаютъ аппаратъ для перемены направленія воздуха.

Между концами газовыхъ и воздушныхъ каналовъ, по направленію

перпендикулярному къ длинѣ печи, проходитъ каналъ, шириною въ  $2,25a$ , при толщинѣ стѣнокъ въ  $0,92a$ , служащій для отвода продуктовъ горѣнія въ боровакъ и дымовую трубу. Въ немъ расположена заслонка для измѣненія тяги; ширина рамки для заслонки  $2,25a$  и длина ея  $5,5a$ . Ось этого канала совпадаетъ съ центрами воздушнаго и газоваго аппаратовъ.

Чер. 24.



Когда своды каналовъ окончены, заполняютъ промежутки между ними битымъ кирпичемъ и поверхъ сводовъ выкладываютъ ровный полъ изъ цѣлыхъ кирпичей, оставляя только промежутки надъ отверстиями сводовъ, въ которыхъ устанавливаютъ впоследствии аппараты.

Печи, построенныя по старымъ (заграничнымъ) проектамъ, отличаются тѣснотою помѣщенія для аппаратовъ, что очень затрудняетъ ремонтъ послѣднихъ и даетъ пустую экономію мѣста. Теперь дѣлаютъ это помѣщеніе значительно обширнѣе (разстояніе между аппаратами газовымъ и воздушнымъ дѣлаютъ отъ 5 до 8 футовъ), что облегчаетъ присмотръ и ремонтъ аппаратовъ, а также содержаніе всего помѣщенія въ порядкѣ и увеличиваетъ на 4—5 футовъ площадку передъ печью. Все это расширеніе связано со столь незначительными издержками (балки длиннѣе и нѣсколько плитъ на площадку), а приноситъ большое облегченіе въ работѣ, что безусловно слѣдуетъ отдать предпочтеніе новѣйшему (болѣе обширному) устройству.

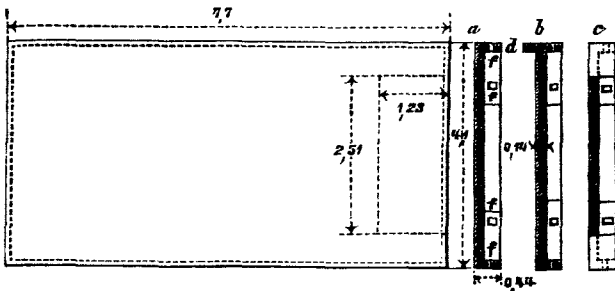
Объ установкѣ аппаратовъ надъ отверстиями каналовъ скажу ниже.

Послѣ сведенія сводовъ камеръ выводятъ вертикальные каналы до высоты  $3,7a$ , а затѣмъ приступаютъ къ настилкѣ наклонной плоскости изъ стараго кирпича на сводахъ камеръ. Плоскость эта наклонена къ выпускному отверстию, причемъ выпускная сторона плоскости ниже на  $0,51a$  противоположной (см. черт. 27). Уклонъ дѣлается съ цѣлью предотвратить уходъ плавки черезъ подъ въ сторону аппаратовъ, или направить ушедшую плавку въ сторону выпускнаго отверстия. Всю наклонную плоскость покрываютъ слоемъ песку въ 5—8 дюйм. для предохраненія камеръ отъ потери теплоты отъ лучеиспусканія.

На полученной такимъ образомъ наклонной плоскости выводить столбы, по пяти у каждой изъ продольныхъ стѣнъ печи, какъ показано на чер. 24. Размѣры столбовъ: по длинѣ печи  $2,06a$ , по ширинѣ— $2,31a$ , при разстояніи между столбами въ  $2,31a$ . Высота столбовъ, расположенныхъ со стороны выпускнаго отверстия ( $A$ ), равна  $1,95a$ , а со стороны аппаратовъ (завалочной стороны)— $1,44a$  ( $B$ ), какъ показано на чер. 28.

На столбахъ вдоль продольныхъ стѣнъ печи располагаютъ обрѣзки рельсовъ длиною въ  $21,2a$  и вышиною въ  $5''$ , у основанія столбовъ, на краяхъ наклонной плоскости устанавливаютъ швеллерныя коробки, широкою стороною внизъ, служащія для установка стоекъ желѣзной арматуры печи. На продольные рельсы, расположенные на столбахъ, кладутъ 10—15 штукъ обрѣзковъ рельсовъ поперекъ печи, длиною въ  $15,36a$  и высоту

Чер. 25.



въ  $5''$ . На поперечныхъ рельсахъ укладываютъ 10 чугунныхъ досокъ размѣра:  $7,7a$  длины,  $4,1a$  ширины и  $0,44a$  высоты, при толщинѣ въ  $0,14a$ , чер. 25.

Досокъ съ сѣченіемъ  $a$ —пять, съ сѣченіемъ  $b$ —четыре и съ  $c$ —одна. Въ послѣдней доскѣ имѣется вырѣзка, по длинѣ печи  $2,51a$  и по ширинѣ  $1,23a$ , показанная въ планѣ пунктиромъ, которая располагается по серединѣ длины печи и служитъ для помѣщенія выпускной рамы и малаго желоба. Четыре доски съ сѣченіемъ  $b$  располагаются по краямъ пода, такъ что выступы  $d$  приходятся по ширинѣ печи и служатъ для удержанія откосныхъ досокъ черт. 26, стремящихся скользить подъ давленіемъ кирпичной кладки пода.

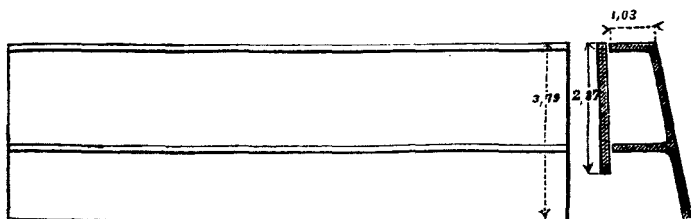
Высота выступа  $d$  равна  $0,15a$ . Остальная часть пода заполнена досками съ сѣченіемъ  $a$ ; онѣ обозначены на чер. 24 буквою  $m$ , крайнія съ выступомъ доски—буквою  $n$ , а средняя съ вырѣзкою—буквою  $p$ . Расположеніе досокъ на чер. 24 показано пунктиромъ.

Во всѣхъ нижнихъ выступахъ каждой доски, кромѣ тѣхъ, которыя приходятся наружу пода, сдѣланы по два квадратныхъ отверстія въ каж-

домъ выступѣ, служащая для скрѣпленія досокъ между собою при помощи болтовъ. Величина отверстія  $0,15a$  въ сторонѣ квадрата.

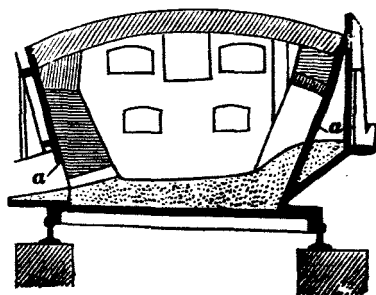
Британскій патентъ «*Swoboda*» въ Альтзоль въ Венгріи отъ 19 мая 96 г. № 10763 представляетъ подъ печи, при которомъ наружныя подовыя доски  $a$  наклонены наружу (чер. 27) съ цѣлью сообщить подовой

Чер. 26.



кладкѣ по возможности одинаковую толщину и предупредить выпаденіе наружу отдѣльныхъ кирпичей. Приспособленіе это безспорно прекрасное, берегаетъ много кирпича на подѣ, а при этомъ вовсе не мѣшаетъ устройству большаго завалочнаго окна и не затрудняетъ доступа къ выпускному отверстию, какъ это хочеть усмотрѣть нѣмецкій критикъ К. П. \*).

Чер. 27.



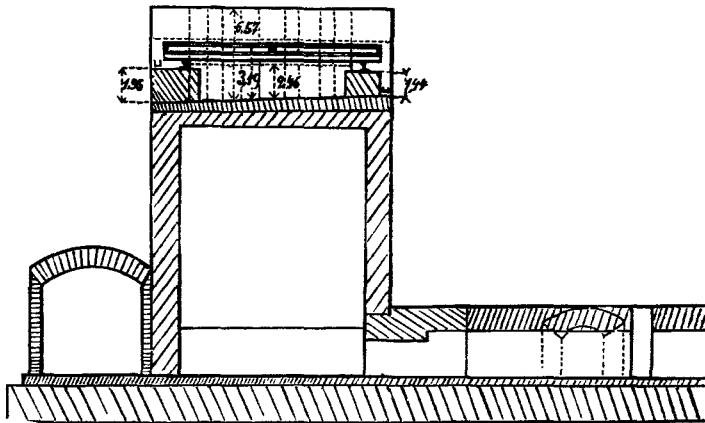
Когда подѣ собранъ, снова начинаютъ выводить вертикальные каналы и стѣнки между ними. Въ видѣ сверху они показаны на чер. 29 и 30, а въ видѣ сбоку, пунктиромъ, на чер. 28. На высотѣ  $2,46a$  надъ нижнимъ краемъ наклонной плоскости каналы задѣлываютъ съ наружной стороны, какъ показано на чер. 30.—На чер. 28 горизонтъ задѣлки показанъ пунктирной линіей, приходящейся противъ продольныхъ рельсовъ.

Этотъ промежутокъ задѣлываютъ влослѣдствіи половинками кирпичей.

\*) Stahl und Eisen 1898 г. № 5 стр. 217.

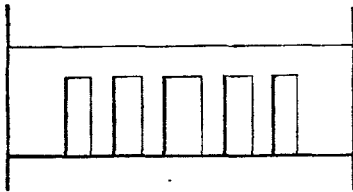
чтобы его легче было разобрать при ремонтѣ каналовъ, которые скоро затекаютъ шлакомъ, удаляемымъ черезъ вышеуказанные промежутки.

Чер. 28.

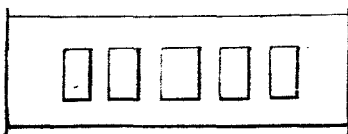


Выше выводятъ каналы закрытыми или, въ случаѣ недостатка кирпича, открытыми, а задѣлываются впоследствии половинками старыхъ кирпичей.

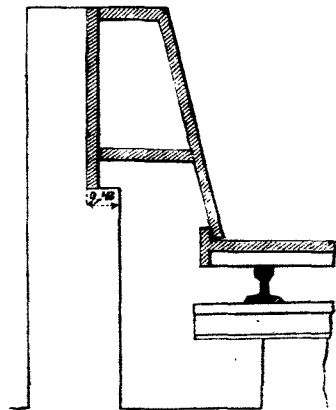
Чер. 29.



Чер. 30.



Чер. 31.



Когда каналы доведены до высоты 3,69а надъ высшимъ краемъ наклонной плоскости, оставляютъ выступъ въ 0,2а со стороны пода по всей ширинѣ печи, на которомъ впоследствии устанавливаютъ вертикальную

доску холодильника. Когда высота каналов достигнет  $6,57a$  над вышеупомянутой точкою, устанавливают чугунные, откосные доски, образующія холодильник и показанныя на чер. 26 отдѣльно, а въ разрѣзѣ онѣ показаны въ собранномъ видѣ на чер. 31. Вертикальная доска въ  $2,87a$  высотой устанавливается на вышеупомянутый выступъ въ  $0,2a$ , на верхнемъ краю этой доски располагаютъ верхній горизонтальный выступъ наклонной доски, въ  $1,03a$  шириною, а нижній край наклонной доски устанавливают на подовыхъ доскахъ у самаго выступа  $d$  (см. чер. 25), недопускающаго ей сдвинуться по направленію къ вертикальной доскѣ.

Когда доски установлены, приступаютъ къ устройству желѣзной арматуры печи, которую начинаютъ съ выведенныхъ уже стѣнокъ каналовъ, закрывая ихъ толстыми листами (въ  $1/1''$  толщиной) и укрѣпляя послѣдніе при помощи вертикальныхъ стоекъ. Послѣднія состоятъ изъ парныхъ рельсъ скрѣпленныхъ между собою горизонтальными связями, какъ показано на чер. 32; нижніе концы ихъ устанавливаютъ въ швеллерныхъ ко-

Чер. 32.



робкахъ, расположенныхъ по обѣимъ сторонамъ печи, а верхніе—соединяютъ при помощи круглыхъ, поперечныхъ связей съ головкою на выпускной сторонѣ печи и пружиною съ гайкой на завалочной.—Середина стойки отстоитъ отъ края печи на  $2a$ .

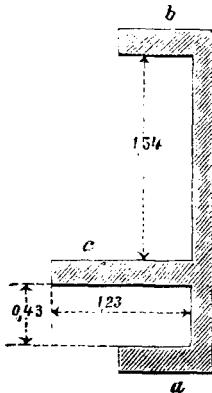
Загѣмъ устанавливаютъ чугунныя стойки съ парными рельсами (чер. 34), отдѣляющія малыя завалочныя окна отъ большого, а на выпускной сторонѣ напротивъ послѣднихъ устанавливаютъ меньшія чугунныя стойки, съ парными рельсами въ серединѣ, между которыми помѣщается выпускная рама и малое окно.

Стойки эти скрѣпляютъ съ противоположными при помощи связей (см. чер. 38), какъ сказано выше.

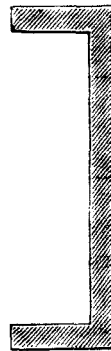
Расположенныя между окнами на завалочной сторонѣ печи стойки въ разрѣзѣ имѣютъ видъ, показанный на чер. 33. Разстояніе отъ середины стойки до края печи (плавильнаго пространства) равно  $12,21a$ , а разстояніе между стойками— $6,36a$ , равное ширинѣ средняго окна. Какъ видно на чертежѣ, стойки эти снабжены тремя выступами, изъ которыхъ  $a$  приходится около средняго окна,  $b$ —около малаго, а средній выступъ  $c$ , длиною въ  $1,23a$ , служитъ для сообщенія стоекъ большой прочности, такъ какъ оба крайніе, какъ расположенныя у оконъ, быстро сгораютъ и часто къ концу кампаніи остается одинъ средній выступъ. Послѣдній раздѣляетъ стойку на двѣ неравныя части, изъ которыхъ меньшая, въ  $0,43a$  шири-

ною, служить для помѣщенія подвѣснаго крючка, поддерживающаго роликъ при завалкѣ, а въ большей,  $1,54a$  шириною, помѣщается парная рельсовая стойка, длиною въ  $14,77a$ , соединенная при помощи поперечныхъ связей съ такою же рельсовою стойкою, помѣщенной на задней сторонѣ печи въ чугунной стойкѣ, показанной въ разрѣзѣ на чер. 34.

Чер. 33.

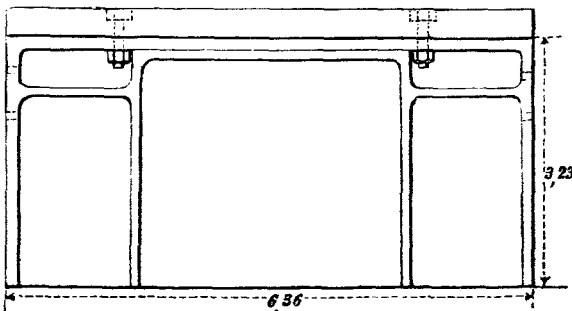


Чер. 34.



Между этими послѣдними стойками (на выпускной сторонѣ) оставляютъ разстояніе въ  $2,51a$ , равное ширинѣ выпускной рамы, которая располагается между ними.

Чер. 35.



Между стойками чер. 33, какъ сказано выше, расположено среднее заволочное окно, подъ которымъ укрѣплена чугунная доска, чер. 35, въ  $3,23a$  высоту, нижній край которой возвышается надъ швеллерной коробкой на  $2,06a$ ; ширина доски равна разстоянію между стойками  $= 6,36a$ . Вверху и по бокамъ доска эта снабжена выступами, въ которыхъ имѣется по два отверстія (въ каждомъ) для болтовъ, скрѣпляющихъ доску со Свинскій. Производство стали.



стойками, а на верхнемъ выступѣ располагается порогъ, прикрѣпленный болтами, какъ показано на чер. 35 пунктиромъ, а на чер. 36 этотъ же порогъ показанъ въ видѣ сверху, ширина его равна  $1,34a$ .

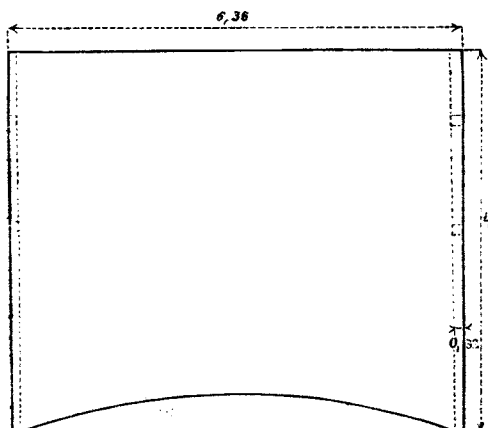
На порогѣ отъ самыхъ стоекъ выкладываютъ вполсѣдствіи одинъ рядъ кирпичей, о чемъ скажу ниже. На  $3,42a$  выше порога помѣщаютъ верхнюю чугунную доску, которая прикрѣпляется къ боковымъ стойкамъ при помощи болтовъ, проходящихъ черезъ отверстия выступовъ доски, при чемъ выступы эти помѣщены по обратному направленію сравнительно съ ниж-

Чер. 36.



ней чугунною доскою. Доска эта показана на чер. 37 въ такомъ положеніи, въ какомъ она укрѣплена на мѣстѣ, такъ что выступы приходятся по другую сторону доски и потому показаны пунктиромъ. Ширина выступовъ равна  $0,82a$  при толщинѣ въ  $0,17a$ , а толщина самой доски равна  $0,21a$ , ширина доски равна ширинѣ порога  $= 6,36a$ , высота доски  $= 4a$ .

Чер. 37.



На разстояніи  $2,92a$  отъ стоекъ съ тремя выступами, т. е. на разстояніи, равномъ ширинѣ малаго окна, расположены стойки (см. чер. 34), по формѣ сходныя съ тѣми, между которыми расположена выпускная рама на задней сторонѣ печи, но по размѣрамъ онѣ различны между собою; такъ ширина стоекъ на передней сторонѣ равна  $1,44a$  (на задней

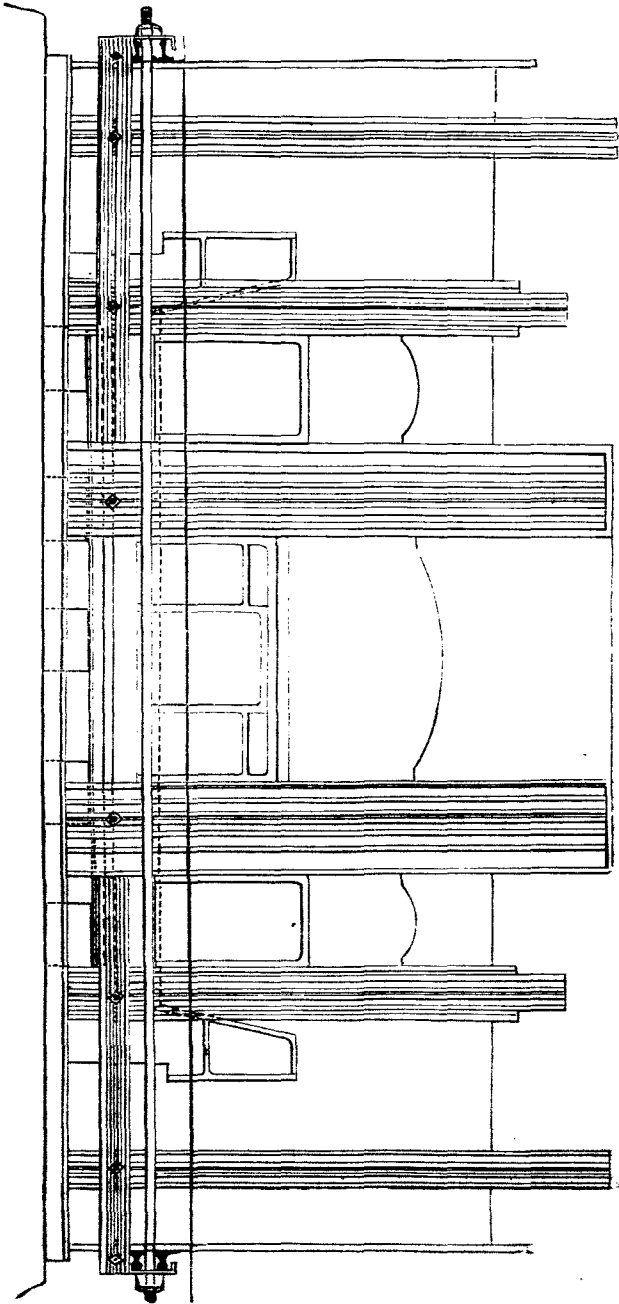
сторонѣ она была 2,46*a*), а высота = 12,32. Кромѣ размѣровъ эти стойки отличаются еще тѣмъ, что онѣ сверху открыты, такъ что въ нихъ устанавливають парныя рельсовые стойки, высотой въ 13,56*a*, скрѣпляющіяся при помощи поперечныхъ связей съ такими же рельсовыми стойками на задней сторонѣ, безъ чугунной крыши.

Промежутки по 2,92*a* между стойками съ тремя и двумя ребрами заняты малыми (крайними) завалочными окнами. Ниже оконъ расположены чугунныя доски въ 3,9*a* высотой, отстоящія отъ швеллерной коробки на 2,46*a*. Всѣ края досокъ, за исключеніемъ нижнихъ, снабжены выступами, въ боковыхъ выступахъ имѣются отверстія для болтовъ, скрѣпляющихъ доску со стойками, а верхній выступъ замѣняетъ порогъ окна, высотой въ 2,44*a*. Надъ окномъ расположена чугунная доска такой же высоты съ выступами, обращенными въ сторону плавильнаго пространства, въ которыхъ имѣются отверстія для болтовъ, скрѣпляющихъ доски со стойками. Диаметръ всѣхъ болтовъ, скрѣпляющихъ доски со стойками, достаточно дѣлать равнымъ одному дюйму.

Такимъ образомъ передняя часть печи (см. чер. 38) въ томъ мѣстѣ, гдѣ въ ней имѣются окна, вся закрыта чугунными плитами и стойками, а края печи, отъ маленькихъ оконъ, закрыты желѣзными листами въ  $\frac{1}{4}$  толщиною. Задняя сторона печи вся закрыта такими же листами, за исключеніемъ промежутка надъ выпускной рамой, въ которой помѣщается малое окно, а внизу и вверху послѣдняго укрѣплены чугунныя доски такимъ же точно образомъ, какъ и на передней сторонѣ печи. Поперечныя стѣнки печи нлчѣмъ не закрыты, но на нихъ расположены по 6-ти парныхъ рельсовыхъ стоекъ, такъ что разстояніе между серединами послѣднихъ равно 1,85*a*.

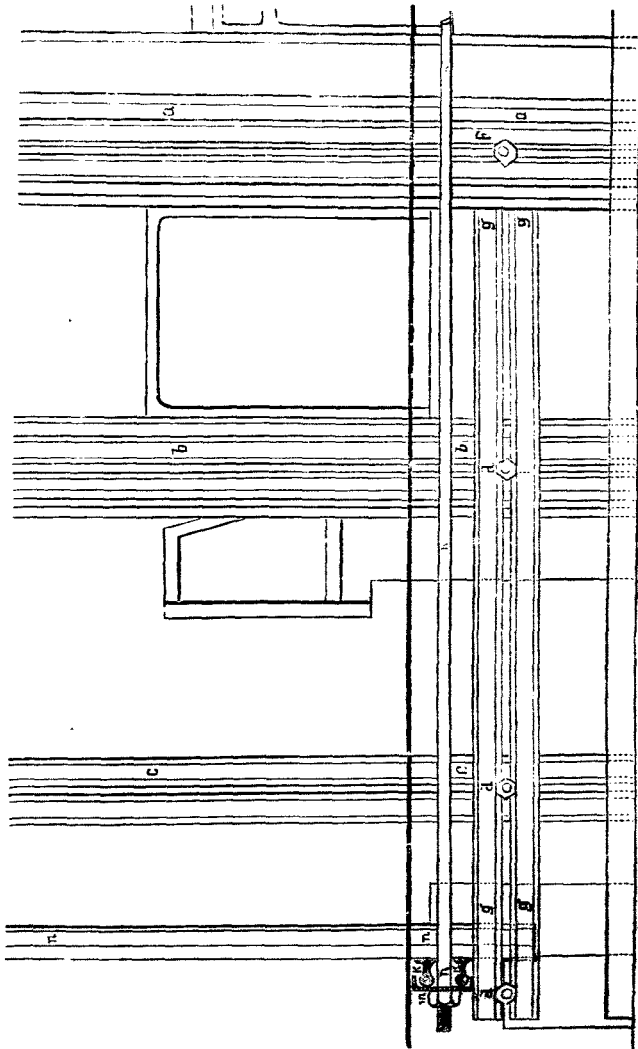
Стойки съ тремя ребрами (*a, a*) скрѣплены внизу поперечными связями (*f*) (чер. 39) со стойками задней стороны печи, между которыми расположена выпускная рама, а крайнія стойки (*b* и *c*), по двѣ съ каждой стороны печи, скрѣплены внизу съ соответствующими стойками на задней сторонѣ печи при помощи продольныхъ парныхъ рельсовъ (*g, g*), которые расположены горизонтально и связаны между собою поперечными связями (*d, d*), какъ показано на чер. 39; онѣ расположены на 0,92*a* выше швеллера. На 2,06*a* выше швеллера расположены по длинѣ печи, по обѣимъ сторонамъ ея, круглыя связи (*hh*), стягивающія при помощи болтовъ (*m*) парные рельсы (*kk*), расположенные горизонтально, по ширинѣ печи. Эти послѣдніе рельсы (*kk*) стягиваютъ нижнія части парныхъ рельсовыхъ стоекъ (*m*), расположенныхъ вертикально, по ширинѣ печи, верхнія части которыхъ стягиваются съ таковыми же по другой сторонѣ — круглаго сѣченія продольными связями съ головкою на одномъ концѣ и пружиной съ гайкою на другомъ (чер. 40). Стойки *cc, bb* и *aa* стянуты

Чер. 38.



съ соответственными стойками по другой сторонѣ печи такими же, круглаго сѣченія связями, расположенными по ширинѣ печи и снабженными головками, пружинами и гайками. Диаметръ какъ продольныхъ, такъ и попе-

Чер. 39.



речныхъ круглыхъ связей достаточно дѣлать въ  $1\frac{1}{2}$ ". При этомъ слѣдуетъ обратить вниманіе, чтобы всѣ гайки, какъ на нижнихъ, такъ и на верхнихъ связяхъ, были одинаковыхъ размѣровъ, что даетъ возможность завин-

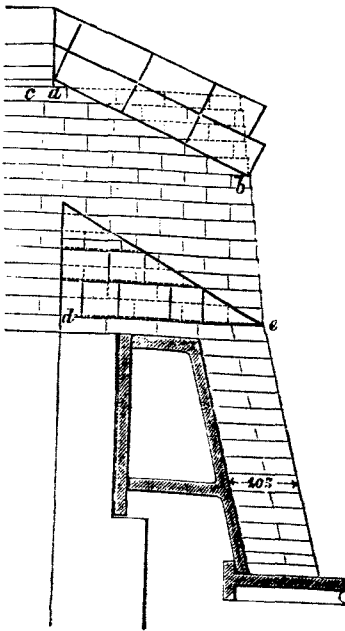
чивать и отвинчивать их одним ключемъ, а это упрощаетъ значительно работу при разогрѣваніи и остываніи печи. При собираніи арматуры кладутъ на мѣсто рельсы (*kk*), но не привинчиваютъ ихъ гайками (*m*), потому что поперечныя стойки (*n*) устанавливаютъ только недѣлю спустя, когда выведены до конца стѣнки каналовъ и кирпичная кладка достаточно просохла, чтобы не нарушить ее при завинчиваніи гаекъ (*m*).

Чер. 40.

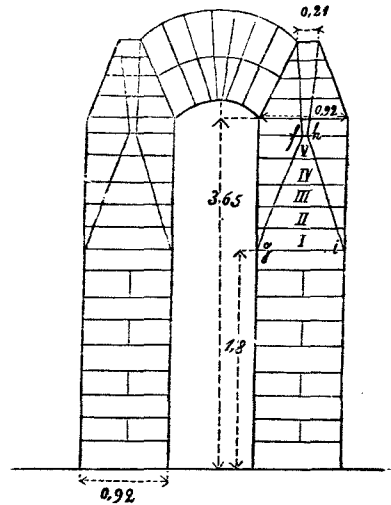


Когда собрана арматура печи, выводить каналы до окончательной ихъ высоты и на наклонной сторонѣ откосной доски выкладываютъ одинъ рядъ кирпичей такъ, чтобы образовался выступъ въ 1,03а толщиной (чер. 41), который служитъ основаніемъ столбовъ, поддерживающихъ арки надъ

Чер. 41.



Чер. 42.



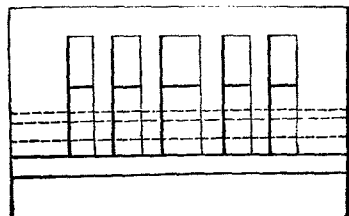
каналами. Какъ было сказано выше, каналы выкладываютъ изъ самаго огнеупорнаго кварцеваго кирпича, применяемаго для выкладыванія всѣхъ остальныхъ частей печи, о которыхъ буду говорить ниже, т. е. всего плавильнаго пространства.

Вышеупомянутый ряд кирпичей на откосной доскѣ соединяють съ внутренней стѣнкою канала въ одно цѣлое, покрывая верхнюю горизонтальную доску холодильника настилкою изъ одного ряда кирпичей, такъ что получится разрѣзъ, показанный на чер. 41 и обозначенный буквами *d e*.

На этой настилкѣ выводятъ столбы для арокъ надъ каналами, составляющіе одно цѣлое съ простѣнками между послѣдними, какъ показано въ видѣ сверху на чер. 43. Ширина столбовъ равна  $0,92a$ , чер. 42, по всей высотѣ его до пяты арки надъ каналомъ. До высоты  $1,8a$  столбы имѣютъ прямоугольный видъ спереди, показанный на чер. 42. Самый верхній рядъ кирпичей (чер. 41) отступаетъ отъ настилки на откосной доскѣ по вертикальному направленію на  $0,21a$ . Начиная съ высоты  $1,8a$  надъ настилкою выкладываютъ наклонные пяты для сводовъ (арокъ) надъ каналами, состоящія изъ обтесанныхъ кирпичей, при чемъ задняя (отъ плавильнаго пространства) часть столба

Чер. 43.

выводится по прежнему, т. е. шириною въ  $0,92a$  до высоты  $3,65a$  надъ настилкою, а обтесанные кирпичи (по линіямъ *fg* и *hi* фиг. 19а) постепенно прибываютъ съ передней стороны столба, образуя такимъ образомъ наклонныя по двумъ направленіямъ плоскости *ab* (чер. 41), служащія основаніемъ (пятами) арокъ надъ каналами. Продолженіе обтесанной поверхности *ac* (чер. 41), по горизонтальному направленію, возвышается надъ настилкою на  $4,51a$ . Ширина нижней части обтесанной поверхности *ac* равна ширинѣ столба, а верхней—равна  $0,21a$  (чер. 42). Эта часть столба составляетъ пяту горизонтальной арки надъ каналомъ въ томъ его мѣстѣ, въ которомъ онъ изъ вертикальнаго направленія переходитъ въ наклонное. За этой аркой имѣется задняя стѣнка канала, толщиною въ  $1,44a$  (см. ниже чер. 45).



выводится по прежнему, т. е. шириною въ  $0,92a$  до высоты  $3,65a$  надъ настилкою, а обтесанные кирпичи (по линіямъ *fg* и *hi* фиг. 19а) постепенно прибываютъ съ передней стороны столба, образуя такимъ образомъ наклонныя по двумъ направленіямъ плоскости *ab* (чер. 41), служащія основаніемъ (пятами) арокъ надъ каналами. Продолженіе обтесанной поверхности *ac* (чер. 41), по горизонтальному направленію, возвышается надъ настилкою на  $4,51a$ . Ширина нижней части обтесанной поверхности *ac* равна ширинѣ столба, а верхней—равна  $0,21a$  (чер. 42). Эта часть столба составляетъ пяту горизонтальной арки надъ каналомъ въ томъ его мѣстѣ, въ которомъ онъ изъ вертикальнаго направленія переходитъ въ наклонное. За этой аркой имѣется задняя стѣнка канала, толщиною въ  $1,44a$  (см. ниже чер. 45).

Кирпичи для пяты, составляющіе наклонную плоскость *ab*, обтесываютъ по формѣ трапеціи (чер. 42), при чемъ нижняя сторона кирпича каждаго высшаго ряда равна верхней сторонѣ непосредственно нижележащаго ряда. Обтесываютъ кирпичи крайне осторожно, такъ какъ они хрупки и много ихъ поргится при этой работѣ. Гораздо удобнѣе (если это возможно) заказывать кирпичи готовыми въ такой формѣ, какая требуется для различныхъ частей столба.

Въ нижеприведенной таблицѣ IX показаны размѣры параллельныхъ сторонъ трапеціи, по формѣ которыхъ обтесаны кирпичи, составляющіе пяты наклонныхъ арокъ, расположенныхъ по линіи *ab* (чер. 41), а въ видѣ спереди, показанныхъ на чер. 42; онѣ ограничены линіями *fg* и *hi*.

Т а б л и ц а I X.

№ рядовъ обтесан. кирпич.	Стороны трапециі.	
	Нижняя.	Верхняя.
I . . . . .	0,92 а	0,75 а
II . . . . .	0,77 а	0,55 а
III . . . . .	0,56 а	0,40 а
IV . . . . .	0,41 а	0,25 а
V . . . . .	0,26 а	0,12 а
VI . . . . .	0,13 а	0,05 а

Надъ трапециодальными кирпичами располагаютъ нѣсколько рядовъ кирпичей, обтесанныхъ по формѣ трехгранной призмы (они показаны на чер. 41 пунктиромъ), обращенной ребромъ вверхъ.

Нижній обтесанный кирпичъ (трапециодальной формы) отстоитъ отъ верхняго призматическаго кирпича по горизонтальному направленію на  $3,0a$ , чер. 45, а высота этой части столба равна  $1,8a$ , то уклонъ канала  $= \frac{1,8}{3,0} = \frac{3}{5}$ .

Наклонная плоскость въ  $0,82a$  шириною принимаетъ горизонтальное направленіе на высотѣ  $3,87a$  надъ настилкою откосной доски (чер. 45); длина ея равна ширинѣ канала плюсъ толщина наружной стѣнки  $= 1,85a + 1,44a = 3,29a$ . Плоскость эта составляетъ пятю арки, толщиною въ  $0,98a$  при выносѣ въ  $0,2a$ ; подъ угломъ къ этой аркѣ, показанной на чер. 45, идетъ другая, перекрывающая нижнюю часть канала, длиною въ  $2,98a$ , толщиною также въ  $0,98a$  при выносѣ  $0,15a$  или  $0,2a$ . Арки эти выкладываютъ при помощи кружалъ, перекрытыхъ тонкими досками, такъ что по всей длинѣ арки расположены только три кружала, выпиленные изъ тонкихъ ( $\frac{1''}{4}$ ) досокъ. Кирпичи, входящіеся близко замка арокъ, обтесываютъ отчасти внизу, а остальные кладутъ необтесанными. Когда арки готовы, кружала оставляютъ на мѣстѣ въ теченіи нѣсколькихъ дней, чтобы дать аркамъ возможность вполне высохнуть.

Наклонныя арки оканчиваются выступомъ, т. е. нижній рядъ кирпичей арки выступаетъ на  $0,41a$  (чер. 45) относительно верхняго ряда и служить основаніемъ для пятъ свода печи.

Наклонную плоскость, составляющую нижнюю сторону канала, выкладываютъ раньше, чѣмъ наклонныя арки, тотчасъ послѣ окончанія горизонтальныхъ арокъ. Вышеупомянутую нижнюю сторону канала выкладываютъ слѣдующимъ образомъ: непосредственно на настилку откосной доски помещаютъ клинчатый кирпичъ, показанный на чер. 44, а за нимъ рядъ

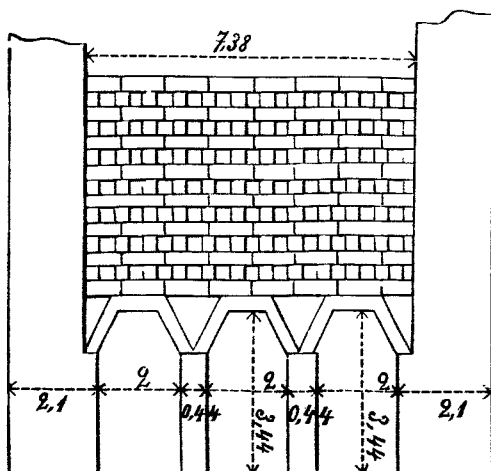




Когда окончены арки над каналами приступают къ устройству передней и задней стѣны печи (продольныя стѣны), пода и свода, т. е. собственно плавильнаго пространства, о которомъ скажу въ слѣдующей главѣ.

Во время установка чугуныхъ частей пода растопляютъ огонь въ камерахъ регенераторовъ для ихъ просушиванія, а затѣмъ приступаютъ къ устройству насадокъ. Для этой цѣли прежде всего въ каждой камерѣ выводятъ по два столбика въ  $0,44a$  толщиной, при высотѣ  $3,44a$  по всей длинѣ камеры, т. е. по ширинѣ печи. Столбики эти вмѣстѣ съ двумя выступами стѣнокъ камеры служатъ основаніемъ арокъ и составляютъ три канала подъ насадками. На аркахъ располагаютъ насадки клѣткою, какъ показано на чер. 46, т. е. на аркахъ расположены продольные ряды кир-

Чер. 46.



пичей, а на нихъ поперечныя,—надъ которыми снова слѣдуютъ продольныя ряды и т. д. При этомъ соблюдаютъ правило, чтобы кирпичи одного ряда, продольнаго или поперечнаго, совпадали съ промежутками послѣдующаго одноименнаго ряда и съ кирпичами третьяго ряда.

Такимъ образомъ продолжаютъ выкладывать насадки до верху, т. е. на разстояніи  $1,44a$  отъ высшей точки свода камеры. Прежде насадки выкладывали только до начала свода, но теперь убѣдились, что нѣтъ цѣли оставлять третьей части камеры незанятою насадками, а гораздо выгоднѣе оставить больше мѣста внизу подъ насадками, гдѣ собирается шлакъ во время хода печи и засоряетъ каналы подъ арками, затрудняя проходъ газамъ. Это засореніе каналовъ подъ насадками является главною при-

чиною ремонта послѣднихъ, хотя самыя насадки могли бы еще служить. Поэтому, во избѣжаніе частаго перекладыванія послѣднихъ, для очистки нижнихъ каналовъ устраиваютъ лазы внизу задней (выпускной) стѣны печи, которые задѣлываются только однимъ рядомъ кирпичей и замазываются глиною, а при ремонтѣ ихъ открываютъ, входятъ въ каналы подъ насадками и удаляютъ изъ нихъ шлакъ, затѣмъ лазы задѣлываютъ и печь снова работаетъ исправно. Если печь помѣщена въ выемкѣ грунта, то для возможности открывать лазы вдоль длинной стѣны печи устраиваютъ каналъ, чер. 28, по которому проходитъ для открыванія вышеуказанныхъ лазовъ и чистки каналовъ.

Для выкладки насадокъ примѣняютъ кирпичъ по формѣ квадратныхъ брусковъ длиною въ 0,95а при поперечномъ сѣченіи 0,33а×0,33а; по огнеупорности кирпичи эти должны быть близки къ англійскому гленбойгъ.

Такъ какъ насадки прогораютъ главнымъ образомъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ открываются въ камеру каналы, то лучше дѣлать клетчатую кладку въ этомъ мѣстѣ чаще (изъ меньшихъ кирпичей), чѣмъ по остальной камерѣ, чтобы струя газовъ распределялась на большую поверхность камеры, и такимъ образомъ не разбѣдала бы столь сильно одни мѣста насадокъ. Неудобство вышеуказаннаго способа укладки насадокъ состоитъ въ томъ, что необходимо имѣть два сорта брусковъ, приготовленныхъ специально съ этою цѣлью, по опредѣленнымъ (довольно точно) размѣрамъ.

Насадки, сложенные по старому способу, служатъ шесть, восемь мѣсяцевъ. По истеченіи этого срока ихъ приходится перекладывать, хотя значительная часть брусковъ идетъ вторично въ дѣло. Если же сложить насадки по вышеописанному способу, изъ хорошаго матеріала, то онѣ служатъ больше года безъ перекладыванія.

По Шенвальдеру\*) поперечные размѣры брусковъ для насадокъ 65×65 мм. при ширинѣ промежутка въ 65 мм. Размѣры эти теперь уже устарѣли. При нечистомъ газѣ, плохой завалкѣ и пр. необходимы каналы большихъ размѣровъ, которые слѣдуетъ еще больше увеличивать къ низу камеръ. Съ этою цѣлью совѣтуютъ постепенно увеличивать размѣры брусковъ снизу до верху, чтобы получить внизу камеръ самыя широкіе каналы, а вверху — самыя толстыя бруски, хорошо сопротивляющіеся дѣйствию вышей, въ этомъ мѣстѣ, температуры. Вслѣдствіе успѣховъ, достигнутыхъ по части постоянства верхней части печи, особенно важно продолжать службу камеръ съ насадками, которая должна быть больше продолжительности кампаніи самой печи. Достаточныхъ размѣровъ регенераторы и вышеуказанная укладка насадокъ удовлетворяютъ этимъ условіямъ.

Во всѣхъ печахъ прежнихъ построекъ газовыя камеры меньше воздушныхъ, но въ новѣйшихъ—всѣ камеры дѣлаются одинаковыхъ размѣ-

\*) Stahl und Eisen. 1898 г. № 5, стр. 216.

ровъ въ виду болѣе быстраго изнашиванія газовыхъ камеръ, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда генераторы расположены вблизи камеръ и насадки послѣднихъ быстро засоряются газовой пылью, уносимую токомъ газовъ изъ генераторовъ.

## ГЛАВА ВТОРАЯ.

### О газовыхъ и воздушныхъ окошкахъ.

Такъ какъ выборъ системы окошекъ играетъ важную роль при постройкѣ мартеновскихъ печей, то приведу ниже подробныя изслѣдованія этого вопроса по В. Шмидгаммеру \*).

Требованія, которымъ должно, главнымъ образомъ, отвѣчать устройству воздушныхъ и газовыхъ окошекъ въ мартеновскихъ печахъ, слѣдующія:

1. Газъ и воздухъ должны хорошо перемѣшиваться при входѣ въ печь, для достиженія возможно быстраго и полнаго сгорания.

2. При чемъ до входа въ печь газъ и воздухъ должны быть хорошо отдѣлены другъ отъ друга, чтобы не было просачиванія ихъ черезъ кладку и преждевременнаго сгорания въ плавильнаго пространства.

3. Введеніе газа должно быть такого, чтобы направленіе пламени было самымъ выгоднымъ въ отношеніи повышенія температуры и чтобы послѣднее не касалось ни стѣнъ, ни свода печи, такъ какъ они чрезвычайно страдаютъ отъ этого.

4. Сѣченіе каналовъ должно быть такъ рассчитано, чтобы при данномъ давленіи газа и воздуха въ печь поступало достаточное количество послѣднихъ въ единицу времени, а съ другой стороны, чтобы продукты горѣнія достаточно быстро уносились въ дымовую трубу при данной силѣ тяги.

5. Въ отношеніи постройки необходимо обратить вниманіе, чтобы каналы были по возможности доступны снаружи для легкаго устраненія возможныхъ засореній; вся постройка вообще должна быть такъ выполнена, чтобы былъ возможенъ быстрый и легкій ремонтъ каналовъ.

Имѣется много видоизмѣненій въ устройствѣ каналовъ въ зависимости отъ того, какое изъ вышеозначенныхъ условій было признано болѣе важнымъ при постройкѣ печи.

Всѣ видоизмѣненія можно раздѣлить на двѣ группы: 1, къ которой относятся самыя старыя устройства, состоятъ въ расположеніи рядомъ

\*) „Stahl und Eisen“, 1894 г. 751 стр.

газовыхъ и воздушныхъ оконъ и 2, въ которой воздушныя окошка расположены надъ газовыми, или подъ ними, или воздухъ проводится черезъ сводъ. Кроме того имѣются переходы отъ одной группы къ другой. Видоизмѣненія 1 группы состоятъ изъ нѣсколькихъ окошекъ, не больше 7 а чаще 5, расположенныхъ рядомъ на одной горизонтальной линіи. Они имѣютъ то преимущество, что даютъ высокую температуру вслѣдствіе быстроты сгорания газа. Такъ какъ оба тока горящаго газа параллельны и каждый изъ нихъ занимаетъ все пространство между подомъ и сводомъ, то для предохраненія послѣдняго отъ сгорания нужно сообщать значительный уклонъ каналамъ къ поду. Къ недостаткамъ этого способа относятся легкая сгорасмость столбовъ между каналами и паденіе части свода надъ столбами, если онъ по старому способу опирается на нихъ. Эта система даетъ хорошіе результаты, если кирпичъ хорошихъ качествъ, нагрѣвъ печи осмотрителенъ, выходы каналовъ достаточно наклонены къ поду и столбы между каналами не слишкомъ слабы.

Чтобы предохранить столбы отъ дѣйствія продуктовъ горѣнія высокой температуры со всѣхъ сторонъ, уменьшили число окошекъ до двухъ: одно газовое и одно воздушное. Здѣсь имѣются почти такія же неудобства, какъ и въ первомъ случаѣ, а именно сгораніе свода. (Слѣдуетъ замѣтить, что это неудобство имѣется при всѣхъ видоизмѣненіяхъ). Преимущества первой группы состоятъ въ легкой доступности каналовъ при ремонтѣ, а главный недостатокъ, пропущенный Шмидгаммеромъ, состоитъ въ просачиваніи газовъ черезъ относительно тонкія стѣнки каналовъ и сгораніи части газа до поступленія въ печь.

Во второй группѣ много разнообразія.

Переходъ отъ I гр. къ II составляетъ расположеніе воздушныхъ окошекъ надъ газовыми. Устройство это ничѣмъ не лучше перваго, такъ какъ своды также подвержены сгоранію, а ремонтъ каналовъ затруднительнѣе.

Дальше имѣются: а) два окошка газовыя а надъ ними одна продольная щель для воздуха, поступающаго подъ острымъ, или прямымъ угломъ въ струѣ газа въ печь. Въ обоихъ случаяхъ воздушная щель быстро оплавляется и становится слишкомъ узкою; б) газовый и воздушный каналы расположены одинъ за другимъ и выходятъ въ горизонтальную общую щель, въ которой загорается газъ; недостатокъ—трудный доступъ при ремонтѣ; в) такое же расположеніе только по 4-е газовыхъ и воздушныхъ канала, выходящихъ въ 4 горизонтальныя щели; г) тоже съ 3 каналами, выходящими въ 3 щели, наклоненныя къ поду; въ трехъ послѣднихъ случаяхъ слишкомъ скоро прогораютъ сводики надъ общими щелями; д) газовые и воздушные каналы расположены одинъ за другимъ, но раздѣлены между собою до самаго входа въ печь, причежъ воздушное окошко рас-

положено надъ газовымъ; е) при этомъ можетъ быть одно окошко для газа, а два для воздуха, который входитъ подъ прямымъ угломъ къ струѣ газа и ж) въ печи Бато газъ и воздухъ проведены по отдѣльнымъ каналамъ отъ отдѣльныхъ же регенераторовъ, причемъ воздухъ поступаетъ въ печь подъ прямымъ угломъ къ газу. Отдѣльные регенераторы и въ особенности газовый и воздушный каналы представляютъ громадную поверхность для выдѣленія лучистой теплоты и потому ходъ такихъ печей холодный; онѣ могутъ работать только на самомъ лучшемъ газовомъ углѣ, распространены въ Англии и Шотландіи. По типу д) устроены печи Шенвальдера. Имѣются еще нѣкоторыя видоизмѣненія, близкія къ вышеуказаннымъ относительно привода газа и воздуха въ печь.

Изъ всего вышесказаннаго видно, что ни одинъ способъ не устраняетъ сторанія столбовъ и свода и что послѣднее зависитъ не отъ выбора системы привода газа и воздуха, а отъ доброкачественности кирпича, тщательной его укладки (безъ щелей) и умѣлаго ухода за печью.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### Устройство плавильнаго пространства печи съ кислую набойкою.

Послѣ окончанія поперечныхъ стѣнокъ и каналовъ приступаютъ къ постройкѣ продольныхъ стѣнъ. Одновременно строятъ переднюю и заднюю стѣнку, начиная ихъ у обоихъ поперечныхъ стѣнъ одновременно. Толщина продольныхъ стѣнъ—1,44а.

Вотъ нѣкоторые размѣры, указанные Камбеллемъ\*): толщина продольныхъ стѣнъ не меньше 330 мм., толщина свода около 230 мм.; длина ванны не меньше 4,5 м., а при большихъ печахъ она достигаетъ 12 м.; глубина ванны колеблется между 375 и 600 мм.

Заднюю стѣнку выводятъ слѣдующимъ образомъ: на подовыхъ доскахъ располагаютъ кварцевый кирпичъ, широкою стороною внизъ, выкладывая слой въ 1,44а шириною и 7,55а длиною, т. е. до вырѣзки въ средней подовой доскѣ, какъ показано на чер. 47. Такимъ образомъ продолжаютъ выводить стѣну до высоты 2,0а, на которой закладываютъ пять арки надъ промежуткомъ стѣнки, и въ послѣдній вставляютъ выпускную раму. Выносъ арки 0,21а, толщина ея 0,46а, такъ что отъ подовыхъ досокъ до высшей точки арки  $2,0а + 0,21а + 0,46а = 2,67а$ . На этой высотѣ проходитъ уже сплошная стѣна по всей длинѣ печи, но на 0,92а выше въ ней опять оставляютъ промежутокъ въ 2,0а высотой и въ 2,46а шириною, въ которомъ выкладываютъ вполѣдствіи маленькое окошко въ 1,54а въ сторонѣ квадрата. Выше арки надъ маленькимъ окошкомъ проходитъ

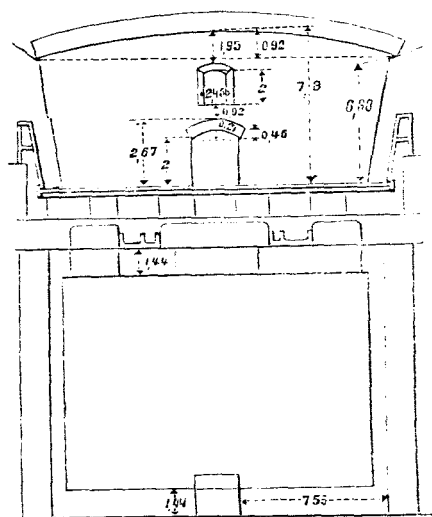
\*) Stahl und Eisen 1893.

сплошная стѣна, высшая точка которой отстоитъ отъ арки окна на  $1,95a$ , а отъ подовыхъ досокъ на  $7,80a$ . У самыхъ поперечныхъ стѣнокъ высота продольной стѣны равна  $6,88a$ , такъ что выносъ послѣдней— $0,92a$ , равенъ выносу свода въ этомъ направленіи (чер. 47).

По всей длинѣ стѣны, вверху располагають наклонно обтесанные кирпичи, составляющіе пяты для поперечныхъ колецъ свода. Высота уклона равна  $0,92a$ , а уступъ— $0,31a$ , такъ что толщина стѣны въ самомъ верху равна  $1,13a$  (чер. 49).

Переднюю стѣнку начинаютъ такъ-же точно, какъ и заднюю—толщиною въ  $1,44a$  и доводятъ до высоты  $3,05a$ , на которой оставляють промежутокъ въ  $6,29a$ , служащій для выкладки средняго окна, а боковыя

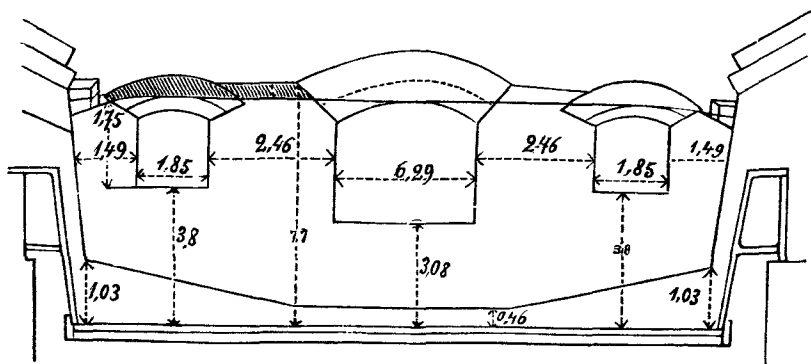
Чер. 47.



(маленькія) окна начинаютъ на высотѣ  $3,8a$  при ширинѣ каждаго изъ нихъ въ  $1,85a$ . Расстояніе между ближайшими стѣнками средняго и малыхъ оконъ равно  $2,46a$ . Хотя среднее окно начинается на болѣе низкомъ горизонтѣ, нежели крайнія, но послѣднія раньше строятъ. Прежде всего выводятъ стѣнки печи, между маленькими окнами и поперечными стѣнами называемыя притолками. Ширина притолковъ  $1,49a$  при высотѣ въ  $1,75a$ , считая до высшей точки. Верхняя часть притолка снабжена уклонами по двумъ направленіямъ, какъ показано на чер. 48. Уклонъ съ правой стороны составляетъ пяту арки надъ окномъ, а на лѣвомъ уклонѣ расположены два кирпича, составляющіе опору свода, который на аркопирается въ мѣстѣ заштрихованномъ на чертежѣ. Вторую

пята арки надъ малымъ окномъ составляетъ часть стѣны между малымъ и среднимъ окномъ. Толщина арки надъ малымъ окномъ  $0,97a$ , при выносѣ въ  $0,31a$ . Она показана въ разрѣзѣ на чер. 49, гдѣ видно, что сте-

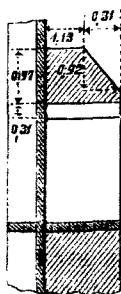
Чер. 48.



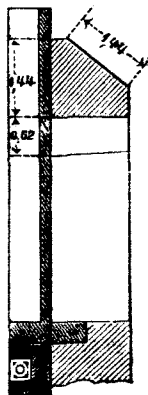
сая часть ея равна  $0,92a$ ; послѣдняя служитъ опорой для свода печи. Какъ эту арку, такъ и всѣ прочія послѣ окончанія оставляютъ сохнуть съ кружалами въ теченіи нѣсколькихъ дней.

Часть стѣны, заключенной между большимъ и среднимъ окномъ, выво-

Чер. 49.



Чер. 50.



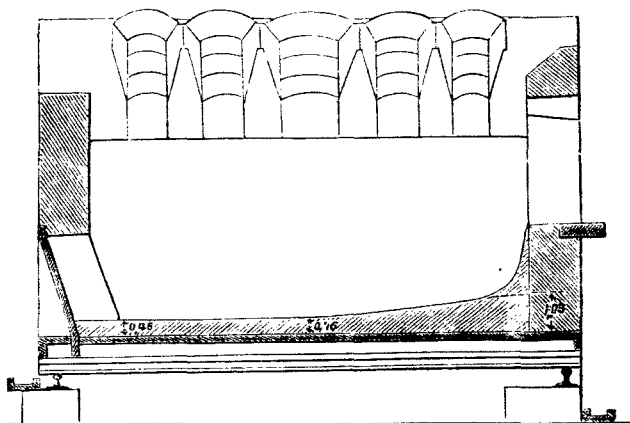
дять до высоты  $9,08a$  надъ подовыми досками, причеиъ высшая часть ея (заштрихованная), шириною въ  $0,51a$  обтесана, какъ сказано выше, и служитъ опорой для свода печи. Кроме того, эта же стѣна имѣетъ уклонъ по ширинѣ, который служитъ пятою арки надъ среднимъ окномъ, показанной въ разрѣзѣ на чер. 50. Толщина ея равна  $1,44a$ , выносъ—

0,62а, ширина уклона—1,77а. Арку эту выкладывают такимъ образомъ, чтобы вогнутая сторона ея имѣла нѣкоторый уклонъ къ наружной сторонѣ печи, хотя и незначительный, а именно въ 0,1а. Дѣлаютъ это съ цѣлью придать аркѣ больше прочности при ея постепенномъ стограніи во время кампаніи печи.

Двѣ другія стѣнки между окнами выводятся совершенно такимъ же образомъ.

Когда окончены боковыя стѣны печи, приступаютъ къ укладкѣ пода, начиная ее отъ поперечныхъ стѣнокъ печи во всю ширину и придавая поду необходимый уклонъ въ началѣ только по направленію къ серединѣ печи, а когда весь подъ покрытъ уже кирпичемъ, то его наращиваютъ

Чер. 51.



со стороны средняго окна и сообщаютъ, такимъ образомъ, уклонъ къ задней стѣнкѣ. Или-же выкладываютъ подъ такимъ образомъ, чтобы онъ сразу имѣлъ уклонъ къ серединѣ и къ задней стѣнкѣ. Толщина кладки у поперечныхъ стѣнокъ и у передней равна 1,03а, а въ серединѣ пода и у задней стѣнки — 0,46а. Продольный разрѣзъ кладки пода показанъ на чер. 48 гдѣ виденъ уклонъ его отъ поперечныхъ стѣнокъ къ серединѣ.

На чер. 51 показанъ поперечный разрѣзъ печи, гдѣ виденъ уклонъ кладки пода отъ средняго окна къ выпускному отверстию. У передней стѣнки высота кладки равна 1,03а, а по серединѣ пода она составляетъ только 0,46а и такъ продолжается до задней стѣнки, такъ что собственно уклонъ имѣется только до половины пода.

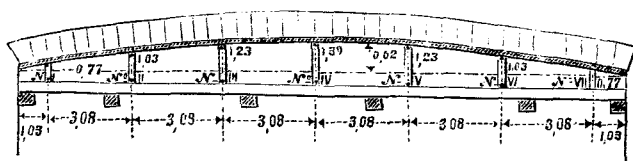
Такой видъ имѣетъ подъ послѣ постройки печи до пуска въ нее газа, т. е. до начала наращиванія набойки пода пескомъ, которая хотя и имѣетъ подобный уклонъ, но придаетъ поду значительно измѣненный видъ.



О наращиваніи набойки пескомъ сказано выше въ III-мъ отдѣлѣ, гл. I.

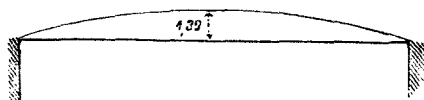
Когда продольныя стѣнки печи и подъ вполне готовы, приступаютъ къ постройкѣ свода. Для этой цѣли по длинѣ печи располагаютъ три бруска, сѣченія  $0,41a \times 0,41a$  на поперечныхъ перекладинахъ и столбахъ такъ, чтобы верхняя часть брусковъ отстояла отъ подовыхъ досокъ на  $6,16a$ . На брускахъ располагаютъ по ширинѣ печи семь кружалъ съ различными

Чер. 52.



выносами на одинаковомъ другъ отъ друга разстояніи, какъ показано на чер. 52. Кружала покрываютъ досками, расположенными по длинѣ печи. Такимъ образомъ, получается выпуклая поверхность по формѣ свода, который укладываютъ на доскахъ. Расположеніе кружалъ на продольныхъ брускахъ слѣдующее: кружало № IV-й расположено по серединѣ печи, высота его  $1,39a$ ; на разстояніи  $3,08a$  отъ него по обѣ стороны расположены кружала № III-й и № V-й, одинаковой высоты— $1,23a$ ; на разстояніи  $3,08a$  отъ каждаго изъ нихъ, расположены кружала № II и № VI высотой въ  $1,03a$  и, наконецъ, на такомъ же разстояніи отъ нихъ находятся кружала № I и № VII. высотой въ  $0,77a$ , отстояція отъ поперечныхъ стѣнъ печи на  $1,03a$  каждое. Такимъ образомъ выносъ свода по

Чер. 53.



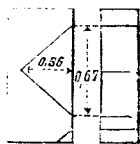
длинѣ равенъ  $1,39a - 0,77a = 0,62a$ . По ширинѣ печи выносъ свода надъ тѣми-же точками равенъ высотѣ кружала. такъ что у поперечныхъ стѣнъ печи онъ составляетъ  $0,77a$ , а по серединѣ— $1,39a$ .

Видъ кружала № I показанъ на чер. 53.

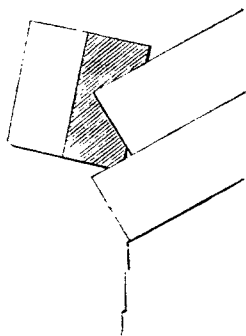
Какъ сказано выше, на выпуклой досчатой поверхности укладываютъ сводъ, начиная у обѣихъ поперечныхъ стѣнъ одновременно. Такъ какъ арки надъ каналами имѣютъ въ разрѣзѣ видъ, показанный на чер. 55 (незаштрихованная часть), то сообразно съ этимъ первый рядъ кирпичей свода долженъ имѣть форму, показанную на чер. 54, гдѣ части кирпича, пока-

занный пунктиромъ, удалены или посредствомъ обтесыванія, или соответственной формовкой кирпича. Средняя выемка въ  $0,67a$  высотой и  $0,36a$  глубиною располагается на верхнемъ кирпичѣ арки, а нижній срезанный уголъ приходится на нижній кирпичъ арки, какъ показано на чер. 55, гдѣ обтесанный кирпичъ свода заштрихованъ.

Чер. 54.



Чер. 55.

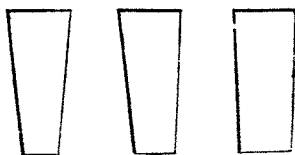


Кирпичи, входящіеся на другія части арокъ и столбовъ, обтесываются подобнымъ же образомъ. За первымъ рядомъ кирпичей располагается второй рядъ по ширинѣ печи, части обтесанныя съ одной стороны, какъ показано на чер. 55, а третій и послѣдующіе ряды выкладываются изъ кирпичей обыкновенной формы. Крайніе кирпичи, расположенные на наклонной части продольныхъ стѣнокъ печи, т. е. на пятахъ, имѣютъ видъ, показанный на чер. 56, гдѣ ширина нижней обтесанной части равна  $0,14a$ , а верхняя— $0,46a$ . Когда работающіе придвигнутся близко къ серединѣ свода, то вмѣсто обыкновенной формы кирпичей примѣняютъ одинъ изъ трехъ видовъ тычковыхъ клиньевъ, показанныхъ на чер. 57.

Чер. 56.



Чер. 57.



При чемъ выборъ клинневого зависитъ отъ разстоянія между сложенными уже частями свода. Предпочитаютъ такъ разсчитывать это разстояніе, чтобы оставить достаточно мѣста между двумя рядами клинневого для одного ряда кирпича обыкновенной формы, такъ что замокъ свода состав-

вляется изъ прямоугольныхъ кирпичей. Такимъ образомъ весь сводъ состоитъ изъ отдѣльныхъ рядовъ кирпичей, или колець, расположенныхъ по ширинѣ печи. Такое расположеніе имѣетъ то преимущество, что въ случаѣ паденія свода, обрушается одно, или нѣсколько колець, которыя легко замѣнить новыми, не трогая остальной части свода. Чаще всего обрушается часть свода, прилегающая къ которой нибудь изъ поперечныхъ стѣнъ печи; ее вновь выводятъ одинъ, или два раза, а средняя часть свода остается все время старой.

Все вышесказанное относится къ постройкѣ сводовъ выпуклыхъ по длинѣ и ширинѣ печи, но въ новѣйшее время строятъ своды выпуклые лишь по ширинѣ печи. Такое устройство очень упрощаетъ укладку свода. а главное, увеличиваетъ его прочность, такъ какъ сводъ не поддерживается арками каналовъ, какъ показано на чер. 55, а заходитъ на нихъ довольно далеко. Сгораніе и паденіе первыхъ колець арокъ вовсе не связано съ паденіемъ части свода, какъ въ старыхъ печахъ. Сводъ или часть его только тогда падаютъ, когда они сожжены окончательно (т. е. больше  $\frac{3}{4}$  кирпичей).

Хотя сводъ укладывается безъ промазыванія глиной, но кружала не могутъ быть сняты тотчасъ же послѣ его окончанія; день, два даютъ своду осѣсть и затѣмъ снимаютъ кружала, а имѣющіяся всегда щели между кирпичами устраняютъ, насыпая слой толченаго (крупно) огнеупорнаго кирпича по всей поверхности свода. Если послѣ пуска газа окажется, что въ какомъ нибудь мѣстѣ свода имѣются еще щели, то ихъ вторично засыпаютъ сверху болѣе крупно толченымъ кирпичемъ. Самымъ важнымъ условіемъ кладки свода является тщательный подборъ кирпичей, расположенныхъ непосредственно на пятахъ сводовъ. Оставленные здѣсь щели быстро увеличиваются во время хода печи и обуславливаютъ выпаденіе отдѣльныхъ кирпичей, а иногда цѣлыхъ колець. Если приходится готовить вѣтесываніемъ кирпичи, показанные на чер. 54, то слѣдуетъ заставить рабочихъ предварительно приготовить необходимое число кирпичей этой формы, осмотрѣть ихъ и только послѣ этого приступить къ кладкѣ свода. Иначе рабочіе часто кладутъ на пята свода кирпичъ, по формѣ близкій къ чер. 54, но треснувшій по всей ширинѣ въ самомъ тонкомъ мѣстѣ, которое приходится на верхній рядъ кирпичей арокъ. Пока печь не въ ходу, то край нижняго ряда кирпича арокъ удерживаетъ части лопнушаго кирпича на мѣстѣ, но край этотъ часто оплавляется во время хода печи и тогда нижняя часть вышеуказаннаго кирпича выпадаетъ, а за ней и кирпичъ слѣдующаго кольца, что влечетъ за собою паденіе части свода. Это дѣйствительная причина паденія свода, хотя она чаще всего приписывается недосмотру рабочаго (старшаго), которому поручень уходъ за печью.

Толщину свода слѣдуетъ дѣлать въ одинъ кирпичъ (9"), известныя автору пробы кладки свода въ полъ кирпича (т. е. толщиною въ  $4\frac{1}{2}$ "), окончились вполне неудачно, такъ какъ такіе своды выдерживаютъ только нѣсколько десятковъ плавокъ и очень легко падаютъ при остываніи печи, во время перерывовъ въ работѣ по случаю воскресныхъ, или праздничныхъ дней.

Само собою разумѣется, что весь сводъ выкладываютъ изъ самаго огнеупорнаго, кварцеваго кирпича.

Подъ такъ же точно, какъ и сводъ выкладываютъ кирпичемъ безъ промазыванія глиной, но на столбы и стѣнки каналовъ приходится употреблять огнеупорную глину въ незначительныхъ количествахъ. Последнія части печи строятъ такимъ образомъ, что предварительно пробуютъ, приходится ли плотно кирпичъ, который слѣдуетъ положить на ниже лежащій; если между ними имѣется значительный зазоръ, то его по возможности уменьшаютъ, притирая верхній кирпичъ къ нижнему; образующуюся при этомъ пыль сметаютъ и только послѣ этого накладываютъ тонкій слой жидкой, огнеупорной глины, а на нее притертый верхній кирпичъ.

Укладка кирпича въ каналахъ безъ притирания влечетъ къ быстрому прогаранію послѣднихъ.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### Устройство плавильнаго пространства печи съ основною набойкою.

Нѣкоторыя части основныхъ печей, а именно сводъ и возвышенныя мѣста пода (послѣднія лучше дѣлать изъ магнезитоваго кирпича, хотя это и дороже. См. ниже стр. 103), приходится выкладывать изъ кислыхъ, кварцевыхъ кирпичей, которые нельзя приводить въ непосредственное соприкосновеніе съ основными кирпичами, или такою же набойкою. Отдѣленіе основнаго матеріала отъ кислаго можетъ быть достигнуто при помощи хромистаго желѣзняка, или очень чистаго магнезита, о чемъ скажу ниже.

Сводъ основныхъ печей до сихъ поръ не удалось устроить изъ основнаго матеріала, за исключеніемъ сводовъ изъ хромистаго желѣзняка, матеріала хотя и не основнаго, но вполне нейтральнаго, такъ что почти всегда приходится раздѣлять кислый сводъ отъ основныхъ стѣнъ. Подъ и стѣны основныхъ печей устраиваютъ различно, смотря по мѣстнымъ дѣланъ на различные основные матеріалы.

Вотъ нѣсколько способовъ, применяемыхъ съ различнымъ успѣхомъ на различныхъ заводахъ:

а) Весь подъ изъ обожженного доломита, а стѣны (верхняя ихъ часть) изъ кварцеваго кирпича или изъ хромистаго желѣзняка. б) Подъ, стѣны и сводъ изъ хромистаго желѣзняка въ видѣ естественныхъ кусковъ, или подъ и стѣны набивные изъ смѣси порошка со смолою, или изъ хромистаго кирпича, а сводъ изъ кварцеваго кирпича. в) Подъ и стѣны изъ магнезитаго кирпича, а сводъ изъ кварцеваго, при чемъ набойка пода можетъ быть изъ магнезита, или доломита. г) Подъ изъ магнезитаго кирпича, стѣнки изъ хромистаго желѣзняка и сводъ изъ кварцеваго кирпича. д) Подъ и стѣны набиты изъ смѣси магнезитаго порошка со смолою, или сложены изъ магнезитаго кирпича.

Весь подъ изъ обожженного доломита устраиваютъ, или набивая его отъ подовыхъ досокъ смѣсью молотаго, обожженного доломита съ обезвоженной каменноугольною смолою (которая не имѣетъ свойства коксоваться) раскаленными трамбовками и затѣмъ наваривая верхній слой чистаго доломита при бѣлокальномъ жарѣ, или же выкладываютъ наклонныя части пода изъ кварцеваго кирпича, покрываютъ его слоемъ смѣси молотаго хромистаго желѣзняка со смолою, уплотняютъ трамбовками и затѣмъ, или набиваютъ слой смѣси доломита со смолою, или навариваютъ слой чистаго доломита. Во всякомъ случаѣ набивной слой доломита въ нѣсколько разъ толще навариваемаго.

Нижнюю часть стѣнъ набиваютъ изъ смѣси обезвоженной смолы съ доломитомъ, или хромистымъ желѣзнякомъ а верхнюю выкладываютъ изъ кварцеваго кирпича, отдѣляя послѣдній отъ доломитовыхъ стѣнъ при помощи слоя смѣси хромистаго желѣзняка со смолою. Это самый старыи и несовершенный способъ работы, но онъ держится еще на нѣкоторыхъ заводахъ по дороговизнѣ другихъ матеріаловъ, пригодныхъ для этой же цѣли.

На одномъ изъ нашихъ южныхъ заводовъ устраиваютъ все плавильное пространство, т. е. подъ, стѣны и сводъ, изъ болѣе или менѣе крупныхъ кусковъ хромистаго желѣзняка, на который навариваютъ набойку изъ доломита. Щели между кусками хромистаго желѣзняка заполняютъ смѣсью молотой хромистой руды съ обезвоженною смолою, но такъ какъ при этомъ очень трудно достигнуть плотности соединенія отдѣльныхъ кусковъ, то случается, что сталь проникаетъ въ одну изъ такихъ щелей въ стѣнахъ, или въ поду и уходитъ изъ печи. Поэтому, если приходится применять хромистый желѣзнякъ, по мѣстнымъ условіямъ, то лучше набивать подъ и стѣны изъ смѣси обезвоженной смолы съ мелко размолотымъ порошкомъ хромистаго желѣзняка и непосредственно на такихъ стѣнахъ располагать сводъ изъ кварцеваго кирпича. Если возможно пригото-

кирпичъ изъ порошка хромистаго желѣзняка, то онъ ничѣмъ не уступаетъ магнезитовому кирпичу и очень успѣшно можетъ быть примѣняемъ для выкладки пода и стѣвъ, а вѣроятно и свода. Во Франціи готовятъ такой кирпичъ, но у насъ привозный обошелся бы очень дорого, а на мѣстѣ нѣтъ заводовъ, приготавливающихъ его; между тѣмъ для уральскихъ заводовъ кирпичъ такой былъ бы очень полезнымъ и вполне замѣнилъ бы дорогой у насъ магнезитовый кирпичъ. Трудность приготовления кирпича состоитъ въ установѣ сильнаго гидравлическаго пресса, подъ которымъ прессуютъ готовые кирпичи при давленіи до 300 атмосферъ. Кирпичъ приготавливаютъ изъ смѣси тонко молотаго порошка хромистаго желѣзняка съ 1—2% чистаго, основнаго шлака, составъ котораго приблизительно слѣдующій:  $SiO_2$ —12—18%;  $Al_2O_3$ —2—10%  $CaO$ —20—40;  $FeO$ —20—25%; или же изъ одного хромистаго желѣзняка, причемъ цементомъ служитъ обезвоженная каменноугольная смола въ количествѣ 5 до 8% вѣса смѣси. Второй способъ хуже перваго. Сформованные кирпичи сильно прессуютъ, просушиваютъ и обжигаютъ.

в) Лучшимъ слѣдуетъ признать способъ устройства пода и стѣвъ изъ магнезитаго кирпича, а свода изъ кварцеваго, при чемъ на магнезитовый кирпичъ пода навариваютъ набойку изъ тонкаго порошка магнезита въ смѣси съ 5% чистаго, основнаго шлака, или желѣзной окалины \*). Составъ шлака долженъ быть приблизительно слѣдующій:  $SiO_2$ —10—12%  $Al_2O_3$ —2,5—3,5%  $CaO$ —18—30%. Подъ выкладываютъ или весь изъ магнезитаго кирпича, или ради экономіи, возвышенныя мѣста его изъ кварцеваго кирпича, который покрываютъ слоемъ смѣси смолы съ порошкомъ хромистаго желѣзняка, или очень чистаго магнезита, на которомъ располагаютъ слой магнезитаго кирпича толщиной въ  $1\frac{1}{4}$  или  $1\frac{1}{2}$  кирпича, т. е. 12 до 15 дюймовъ. Цементомъ для кирпичей служитъ смѣсь чистаго основнаго шлака съ магнезитомъ, разведенная водою или же смола (не коксующаяся). Для навариванія набойки въ нагрѣтую печь насыпаютъ слой смѣси шлака съ магнезитовымъ порошкомъ, толщиной въ  $\frac{1}{2}$ " и свариваютъ при бѣлокальномъ жарѣ; затѣмъ навариваютъ такимъ же точно образомъ еще два—три слоя смѣси, такъ что толщина такой наварной набойки достигаетъ  $1\frac{1}{2}$ —2". Верхній слой долженъ быть тщательно выровняннымъ до свариванія, а затѣмъ ему придаютъ желаемую форму, вводя въ нѣкоторыя мѣста пода (углы) новыя количества смѣси и сваривая ихъ новымъ нагрѣваніемъ печи.

Такой подъ отличается необыкновенною прочностью. Расходъ магнезита, по даннымъ Веддинга, простирается отъ 15 до 20 килогр. на 1 тонну стали, включая и устройство пода, а послѣ каждого выпуска расходуется 50 до 100 кил. на ремонтъ набойки.

\*) По Веддингу „Stahl und Eisen“ 1893 г. № 7, стр. 273

Слѣдуетъ прибавить, что магнезитовая набойка должна быть очень тщательно приготовлена и внимательно сохраняема. для чего слѣдуетъ не охлаждать печи ниже  $100^{\circ}$  при временныхъ остановкахъ, избѣгать по возможности рѣзкихъ переходовъ въ температурѣ при нагреваніи и охлажденіи печи, а именно: остываніе должно происходить при закрытыхъ крышкахъ и не вполне открытой заслонкѣ тяги, а при нагреваніи нужно постепенно увеличивать количество газа, наконецъ подъ печи долженъ быть тщательно очищенъ отъ шлака послѣ каждаго выпуска стали, для чего достаточно бросить въ печь лопатку песка, который быстро разжижаетъ шлакъ и способствуетъ вытеканію послѣдняго изъ печи.

Перечисляя вышеуказанныя данныя Веддинга на наши вѣса, найдемъ, что на 100 пуд. стали идетъ  $1\frac{1}{2}$  пуд. магнезита, а на ремонтъ набойки 3 до 6 пуд. его.

Принимая во вниманіе высокую цѣну магнезита, въ особенности у насъ, на магнезитовый кирпичъ навариваютъ набойку изъ молотого, обожженного доломита, которая не такъ устойчива, какъ магнезитовая, требуетъ гораздо больше ремонта и у насъ почти повсемѣстно примѣняется, но благодаря только старой привычкѣ, а вовсе не расчетливости.

По даннымъ Веддинга, на 100 пуд. стали расходуютъ 1,5 пуд. магнетиза, цѣна котораго въ Петербургѣ 1 р. за пудъ, слѣдовательно стоимость магнезита на 100 пуд. стали составитъ 1 р. 50 к.

Расходъ доломита, очень высокаго сорта <sup>\*)</sup>, выведенный изъ двухлѣтней производительности одного завода, достигнувшей цифры 1.500.000 пуд. основной стали за это время, опредѣляется въ 6,2 пуд. обожженного доломита на 100 пуд. стали. При цѣнѣ 50 коп. за пудъ обожженного и размолотого доломита это составитъ 3 р. 10 к. на 100 пуд. стали, т. е. стоимость доломита вдвое больше магнезита. Помимо этого всѣ наши заводы (за исключеніемъ одного московскаго) еще недавно работали на доломитовой набойкѣ, считая магнезитъ слишкомъ дорогимъ матеріаломъ.

В. Шмидгаммеръ \*\*) описываетъ слѣдующимъ образомъ устройство основнаго пода на зав. въ Резицѣ. Подъ сначала выкладываютъ магнезитовымъ кирпичемъ, затѣмъ выводятъ сводъ печи и пускаютъ въ нее газъ. Когда магнезитовый кирпичъ прогреется хорошо, его покрываютъ слоемъ магнезитоваго порошка, къ которому примѣшано немного глины, или основнаго, размолотого шлака. Толщина засыпаемаго за разъ слоя, около 1"; каждый слѣдующій слой содержитъ меньше флюса (глины или шлака) и насыпается только послѣ того, какъ предъидущій слой хорошо сварится (проба крючкомъ). Сваренный магнезитъ долженъ быть твердъ, какъ стекло,

\*) Составъ этого доломита:  $SiO_2$ —0,95%;  $Al_2O_3$ —0,65%;  $Fe_2O_3$ —0,69%  $CaO$ —31,65%;  $MgO$ —22,5%.

\*\*) Stahl und Eisen. 1897 г. № 15 стр. 625.

не ломаться при легких ударахъ и поверхность его должна быть блестящей. Работу продолжаютъ пока навариваемая набойка достигаетъ желаемой толщины, около 6 д., для чего нужно три дня. (Слишкомъ много, довольно 1—1½ сут.). Набойка пода, приготовленная такимъ образомъ, прекрасно выдерживаетъ плавку. Для обыкновенныхъ поправокъ, послѣ каждой плавки примѣняется доломитъ, но въ необожженномъ видѣ, что представляетъ большія преимущества, но требуетъ въ некоторой предосторожности со стороны рабочаго. Необожженный доломитъ дешевле въ нѣсколько разъ обожженнаго, размоль его гораздо легче, такъ какъ онъ мягче, нѣтъ потери доломита отъ расливанія, нѣтъ крайне вредной примѣси остатковъ угля и наконецъ сохранять сырой доломитъ можно даже подъ дождемъ. Для набиванія выпускнаго отверстія примѣняется съ успѣхомъ также необожженный доломитъ, но его необходимо предварительно просѣять черезъ сито, не пропускающее зеренъ крупнѣе 4 мм. Молотый доломитъ смачиваютъ только водою: смола исключена совершенно изъ употребленія, потому что ее трудно вполне освободить отъ воды, остатки которой обуславливаютъ разсыпаніе доломита (мадеры) въ порошокъ при высокой температурѣ.

2) При недостаткѣ магнезитоваго кирпича дѣлаютъ подъ и стѣны набивными изъ порошка магнезита; но и въ этомъ случаѣ предпочитаютъ набивать магнезитовый порошокъ на слой магнезитоваго кирпича, хотя бы и незначительной толщины, напр. въ ½ кирпича, т. е. около 5". При набиваніи на холоду цементомъ для магнезитоваго порошка служить обезвоженная каменноугольная смола, имѣющая свойства спекаться, но не дающая кокса, который раздуваетъ утрамбованную массу, производя въ ней трещины. Магнезитовый порошокъ примѣняется: въ видѣ зеренъ отъ 2—5 мм. діаметромъ и до каленаго орѣха и въ видѣ мелкаго порошка; послѣдняго идетъ 25%, а зеренъ 75%. Смѣсь обрабатываютъ въ возможно горячемъ видѣ, при чемъ изъ нея не долженъ выдѣляться водяной паръ, обуславливающий обязательное раздуваніе и тресканіе утрамбованной смѣси при нагрѣваніи печи. Смѣсь накладываютъ тонкими слоями и трамбуютъ раскаленными желѣзными трамбовками до тѣхъ поръ, пока трамбовка перестанетъ давать слѣдъ на утрамбованной массѣ. Количество смолы, идущей на приготовленіе смѣси, колеблется отъ 8—12% вѣса магнезитоваго порошка.

Вмѣсто смолы примѣняютъ, какъ цементъ, доломитовое молоко и для спеканія подвергаютъ такую смѣсь нагрѣванію, но этотъ способъ лучше перваго. Стѣны набиваютъ такъ же точно, какъ и подъ, но для образования откосовъ нижнія части дѣлаютъ уступами. На набитый такимъ образомъ подъ навариваютъ слой магнезита, или доломита, смотря по мѣстнымъ цѣнамъ. Такое устройство пода значительно уступаетъ предъидущему въ особенности потому, что набивной слой магнезита гораздо



мягче наварнаго и легче повреждается при заваливаніи въ печь матеріаловъ въ крупныхъ кускахъ.

д) При высокой цѣнѣ магнезитоваго кирпича (около 800 руб. за 1000 шт. въ Петербургѣ), изъ него устраиваютъ только подъ, а стѣнки набиваютъ изъ смѣси хромистаго желѣзняка со смолою, сводъ при этомъ складываютъ изъ кварцеваго кирпича. Для этой цѣли выкладываютъ основанія стѣнъ изъ кварцеваго кирпича, на которомъ набиваютъ всю высоту стѣнъ изъ смѣси обезвоженной смолы съ молотымъ хромистымъ желѣзнякомъ. Смѣсь плотно утрамбовываютъ. Поверхъ хромистыхъ стѣнъ выкладываютъ пяты свода, а на нихъ сводъ изъ кварцеваго кирпича. Наклонныя части пода отъ поперечныхъ и передней стѣнъ выкладываютъ изъ кварцеваго кирпича, на который набиваютъ слой порошка хромистаго желѣзняка, или магнезитоваго порошка, смѣшаннаго со смолою, утрамбовываютъ его и поверхъ укладываютъ слой магнезитоваго кирпича толщиной 12—15". Цементомъ для магнезитоваго кирпича служитъ обезвоженная смола, причѣмъ кладка пода идетъ при нагрѣваніи его; для этой цѣли растопляютъ дрова подъ чугунными досками пода. На магнезитовый кирпичъ навариваютъ доломитовую, или магнезитовую набойку.

Для примѣра, опишу подробно устройство плавильнаго пространства по послѣднему способу (д), такъ какъ онъ сходенъ со всѣми, за исключеніемъ (е), отличающагося отъ нихъ только качествомъ набиваемаго матеріала. Способъ (е) отличается только укладкою стѣнъ изъ кирпича, что составляетъ легкую задачу въ сравненіи съ набиваніемъ ихъ.

Послѣ постройки поперечныхъ стѣнъ, которыя выкладываютъ такъ же точно, какъ и при кислыхъ печахъ, приступаютъ къ устройству передней и задней стѣны одновременно.

Заднюю стѣнку выводятъ слѣдующимъ образомъ:

Въ вырѣзку подовыхъ досокъ помѣщаютъ выпускную раму и выкладываютъ нижнюю часть стѣны кварцевымъ кирпичемъ въ видѣ уступовъ, понижающихся къ выпускной рамѣ; всѣхъ уступовъ четырнадцать, по семи съ каждой стороны; они приведены въ таблицѣ № IX и на черт. 58.

**Таблица IX.**

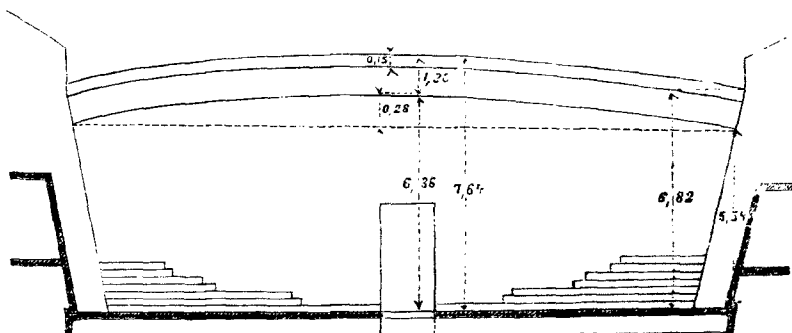
№ уступа.	Уступъ.		Разст. откос. кирп. кладки отъ конца уступа.
	Высота.	Длина.	
I . . .	1,8 а	1,85 а	1,85 а
II . . .	1,54 а	0,26 а	2,11 а
III . . .	1,28 а	0,82 а	2,93 а
IV . . .	1,03 а	0,26 а	3,19 а
V . . .	0,77 а	2,16 а	5,95 а
VI . . .	0,51 а	0,26 а	5,61 а
VII . . .	0,26 а	2,35 а	7,96 а

Ширина уступовъ равна 2,06а; такой же толщины выводятъ и стѣнку изъ хромистаго желѣзняка. Если имѣются въ распоряженіи кирпичи изъ хромистаго желѣзняка или магнезита, то ихъ складываютъ въ стѣнку, составляющую продолженіе нижней части стѣны изъ кварцеваго кирпича и оканчивающуюся вверху нѣсколькими рядами кварцеваго кирпича, на которомъ опирается сводъ печи.

О верхнемъ слое кварцеваго кирпича скажу ниже.

Если же нѣтъ готовыхъ кирпичей, то работа значительно усложняется. Приходится всю стѣнку выкладывать изъ крупныхъ кусковъ хромистой руды, заполняя мелкими кусками и смѣсью \*) промежутки между послѣдними, что составляетъ нелегкую работу, а главное—не достигаетъ цѣли, такъ какъ такая стѣнка часто пропускаетъ черезъ себя сталь, что влечетъ за собою потерю плавки.

Черт. 58.



Лучше стѣнку изъ хромистаго желѣзняка выводить слѣдующимъ образомъ: когда уступы изъ кварцеваго кирпича готовы, выводятъ при нихъ временную деревянную стѣнку изъ досокъ въ  $\frac{1}{2}$ " толщиной, такъ что разстояніе между кожухомъ печи и досками равно 2,06а т. е. ширинѣ кварцевыхъ уступовъ. Промежутки между кожухомъ и досками закладываютъ хромистою мадерою, насыпая тонкіе слои ея (отъ 1,5—3") на кварцевый кирпичъ и плотно утрамбовывая каждый слой отдѣльно. Прежде всего слои мадеры насыпаютъ и трамбуютъ на нижнихъ уступахъ и когда уровень утрамбованнаго слоя подойдетъ къ слѣдующему высшему уступу, то и послѣдній покрываютъ слоемъ мадеры и такъ дальше, пока не покроютъ самый высшій уступъ, до горизонта котораго была выведена деревянная стѣна. Когда высота хромистой стѣнки доведена до веру выпускной рамы,

\*) Смѣсь порошка хромистаго желѣзняка съ обезвоженною смолою называютъ „хромистою мадерою“.

надъ послѣдней выкладываютъ арку  $aa$  (чер. 59) изъ магнетитоваго кирпича, или изъ крупныхъ кусковъ хромистаго желѣзняка, по всей толщинѣ стѣнки. Арка эта служитъ основаніемъ той части стѣны, которая расположена выше, надъ выпускной рамой. Затѣмъ деревянную стѣну выводятъ до горизонта арокъ надъ каналами, т. е. до высоты  $5,54a$  надъ подовыми досками и снова заполняютъ всю высоту ея хромистой рудой по вышеописанному. Затѣмъ на деревянную стѣнку накладываютъ кружало по всей длинѣ ея съ выносомъ въ  $0,82a$  и набиваютъ мадеру въ уровень съ нимъ. Если стѣнку выкладываютъ изъ хромистаго кирпича, то ее выводятъ съ такимъ же точно выносомъ. Высота хромистой стѣнки, считая отъ подовыхъ досокъ, по серединѣ равна  $6,36a$ , а по краямъ— $5,54a$ . На этой высотѣ выкладываютъ стѣнку изъ кварцеваго кирпича. Вся толщина слоя кварцеваго кирпича равна  $1,28a$ , приче́мъ верхній слой, въ  $0,51a$  толщиной, обтесанъ на  $0,35a$  по толщинѣ и  $0,62a$  по уклону, со ставляющему основаніе свода печи. Такимъ образомъ общая высота задней стѣнки по серединѣ равна  $7,64a$ , а по краямъ— $6,82a$ .

Оставленный для выпускной рамы промежутокъ ниже арки остается по всей толщинѣ стѣны незадѣланнымъ, такъ что въ нижней его части нѣтъ даже кварцеваго кирпича; только впослѣдствіи его выкладываютъ магнетитовымъ кирпичемъ.

Временную досчатую стѣнку оставляютъ дня два на мѣстѣ, чтобы дать хромистой смѣси нѣсколько затвердѣть.

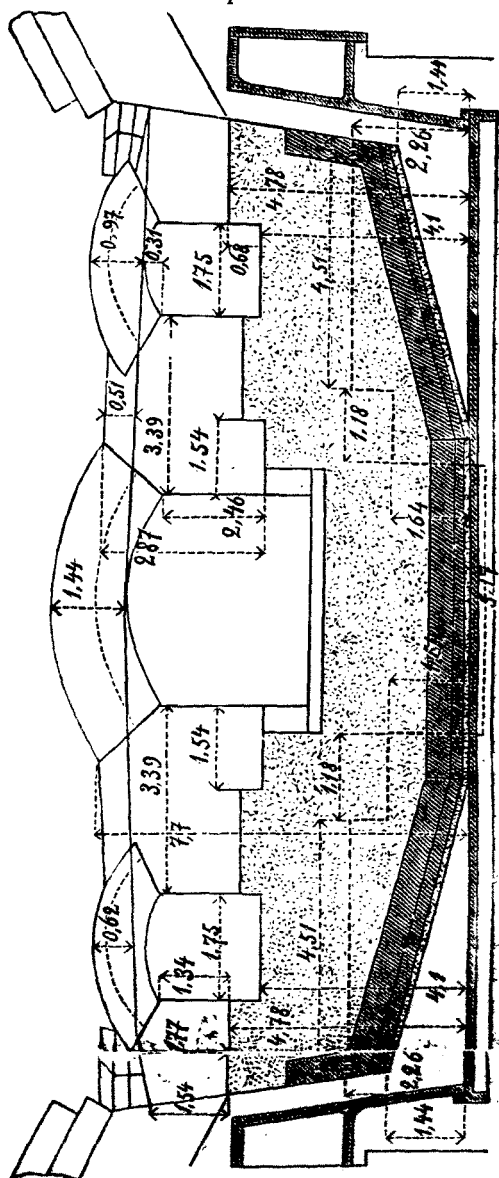
Такъ какъ приготовленіе хромистой смѣси требуетъ затраты рабочей силы и горючаго, то для уменьшенія количества ея, во время трамбованія, въ нее забрасываютъ куски хромистой руды, величиною въ два—три дюйма въ діаметрѣ. Но количество кусковъ должно быть незначительно, чтобы выпаденіе, одного или нѣсколькихъ кусковъ во время плавки не нарушало прочности стѣнки.

Одновременно съ заднею стѣнкою выводятъ и переднюю. Для этой цѣли на подовыхъ доскахъ выкладываютъ основаніе ея изъ кварцеваго кирпича въ видѣ четырехъ уступовъ, по два съ каждой стороны, шириною въ  $2,26a$ . На черт. 60 уступы эти обозначены пунктиромъ. Длина перваго уступа, считая отъ откоса,  $4,51a$ , при высотѣ  $2,26a$ , длина втораго уступа равна  $1,18a$ , при высотѣ  $1,64a$ . Промежутокъ между уступами въ  $5,17a$  оставляютъ незадѣланнымъ; онъ приходится подъ среднимъ окномъ.

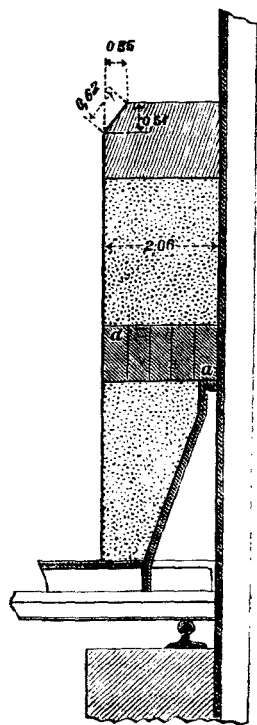
Рядомъ съ кварцевымъ кирпичемъ выводятъ двѣ досчатые стѣнки отъ откосовъ до средняго окна. Промежутокъ между кожухомъ печи и досками заполняютъ хромистой смѣсью, плотно трамбуя ее, какъ при задней стѣнкѣ, и доводятъ высоту хромистой стѣнки до  $4,1a$  по всей длинѣ ея. На этой высотѣ расположены пороги боковыхъ обонъ, для которыхъ оставляютъ промежутки въ  $1,75a$  шириною въ хромистой стѣнкѣ и выводятъ послѣд

ною еще на  $0,68a$  выше, такъ что общая высота ея, считая отъ подовыхъ досокъ, равна  $4,78a$ . Хромистая стѣнка, высотой въ  $4,1a$  остается

Черт. 60.



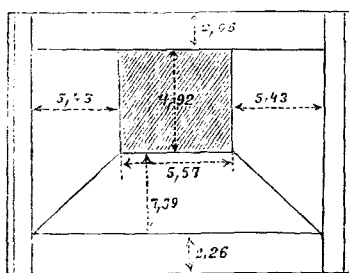
Черт. 59.



и у среднего окна, но на разстояніи  $1,54a$  отъ каждаго края его она ниже на  $0,92a$ . На хромистой стѣнѣ располагають кварцевые кирпичи,

на которых покоится сводъ. Стѣнки изъ кварцеваго кирпича выводятъ такъ же точно, какъ и при кислой печи, до высоты  $7,70a$  надъ уровнемъ подовыхъ досокъ, при чемъ верхній слой кирпича, въ  $0,51a$  толщиной, обтесанъ такъ же, какъ и при задней стѣнкѣ, и служитъ основаніемъ свода. Прежде всего выводятъ части кирпичныхъ стѣнъ, заключенныя между поперечными стѣнами и малыми окнами; толщина ихъ —  $2,16a$ , высота кирпичной кладки  $1,77a$  въ высшей точкѣ, а по краямъ:  $1,54a$  у поперечной стѣны печи и  $1,34a$  у окна. Одинъ изъ уклоновъ, продольный (лѣвый), служитъ основаніемъ свода, а другой поперечный — пятою арки надъ малымъ окномъ, какъ показано на чер. 60. Толщина арки  $0,97a$  при выносѣ въ  $0,31a$ . Кирпичи, изъ которыхъ сложена арка, располагаются длинными сторонами по направлению ширины печи, что сообщаетъ аркѣ большую прочность. Верхняя часть арки срезана съ уклономъ въ  $0,62a$ ,

Чер. 61.



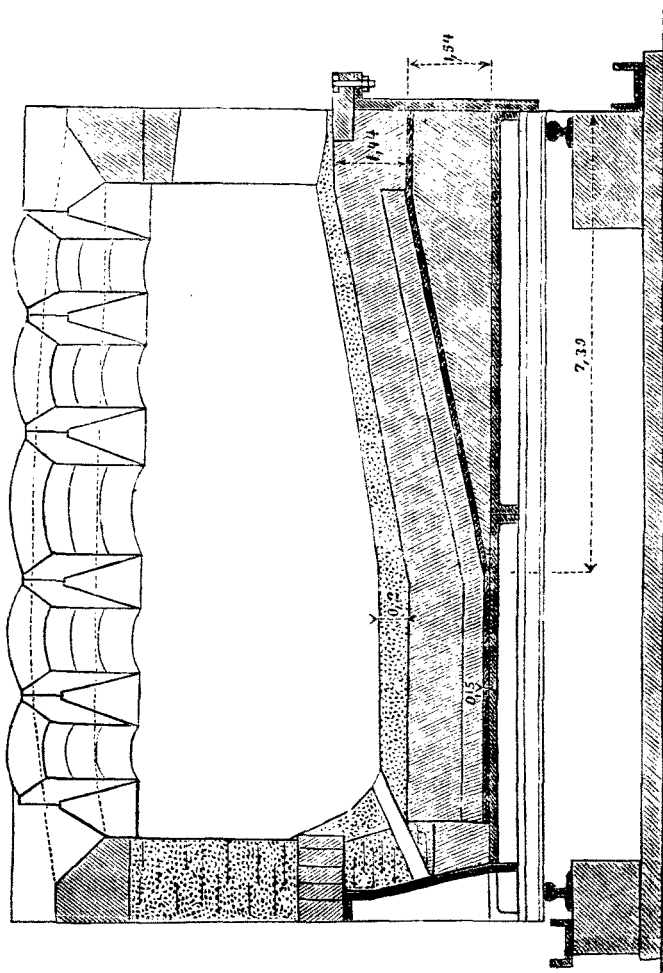
служащимъ основаніемъ свода. Двѣ другія стѣнки изъ кварцеваго кирпича расположены между крайними окнами и среднимъ. Ширина ихъ —  $3,39a$ , высота — по серединѣ  $2,87a$ , а по краямъ —  $2,46a$ . Лѣвый поперечный уклонъ служитъ пятою арки надъ малымъ окномъ, а правый, поперечный — пятою арки надъ среднимъ окномъ. Кромѣ этихъ двухъ уклоновъ имѣется еще третій — продольный, составляющій основаніе свода и расположенный по одной кривой съ уклонами арокъ надъ малыми и среднимъ окнами. Величина поперечныхъ уклоновъ различна; такъ для арки малаго окна она равна  $0,62a$ , а большаго —  $1,44a$ .

Когда окончена кладка кирпичныхъ частей стѣнъ и арокъ надъ окнами, приступаютъ къ укладкѣ пода.

Нижняя часть кладки состоитъ изъ кварцеваго кирпича, а верхняя изъ магнезитоваго. Кварцевый кирпичъ кладутъ съ уклономъ отъ поперечныхъ стѣнъ и отъ передней къ серединѣ пода. Высота кладки изъ кварцеваго кирпича равна у поперечныхъ стѣнъ печи  $1,44a$ , а у передней —  $1,54a$ .

На разстояніи  $5,4a$  отъ поперечныхъ стѣнъ (чер. 61) кварцевый кирпичъ выклинивается, такъ что подовыя доски остаются свободными отъ кирпича на  $6,57a$  по длинѣ и  $4,92a$  по ширинѣ. Отъ передней стѣнки кирпичъ выклинивается на разстояніи  $7,39a$ . Свободная отъ кирпича часть пода показана на чер. 61 заштрихованной.

Черт. 62



Какъ сказано выше, непосредственно подъ среднимъ окномъ нѣтъ хромистой стѣнки; при выкладываніи пода этотъ промежутокъ заполняютъ кварцевымъ кирпичемъ на высоту  $1,54a$  (чер. 62) такъ что отъ верхняго ряда кирпичей до порога окна остается  $1,44a$ , заполняемыхъ впоследствии магнетитовымъ кирпичемъ.

Когда кладка пода изъ кварцеваго кирпича окончена, приступаютъ

къ постройкѣ свода, что производится совершенно такъ же, какъ и при кислой печи. Расположеніе пять свода на продольныхъ стѣнахъ такое же точно, хотя нижняя часть ихъ состоитъ изъ хромистой набойки; а также и выносы свода по длинѣ и по ширинѣ одинаковы, какъ для кислой, такъ и для основной печи.

На чер. 62 пунктиромъ показанъ разрѣзъ свода по ширинѣ печи.

Сложенному своду даютъ день — два осѣсть, послѣ чего вынимають кружала и приступаютъ къ устройству магнезитоваго пода.

Для этой цѣли разводять огонь подъ чугунными досками пода, поддерживая его все время, пока не окончатъ магнезитовой набойки, такъ что температура воздуха въ плавильномъ пространствѣ во все время укладки приблизительно равна 40° Ц., а еще лучше набойку дѣлать при 60°, если цементомъ между кирпичемъ служить смола; если же цементъ составляетъ водный растворъ смѣси шлака и магнезита, то укладку пода ведутъ при обыкновенной температурѣ.

Когда подовыя доски и расположенный на нихъ кварцевый кирпичъ достаточно прогрѣлись, приступаютъ къ набиванію слоя магнезитоваго, или хромистаго порошка, смѣшаннаго со смолою, толщиной въ 0,15а, черт. 62. Его укладываютъ, начиная съ задней стѣнки, по всей длинѣ печи и уколачиваютъ раскаленными желѣзными трамбовками; затѣмъ кладутъ второй слой, ближе къ передней стѣнкѣ трамбуютъ и снова кладутъ слѣдующій слой и т. д. пока не достигнуть передней стѣнки. Такимъ образомъ слой порошка раздѣляетъ кварцевый кирпичъ отъ магнезитоваго, располагаемаго на немъ двумя слоями. Первый слой магнезитоваго кирпича кладутъ широкою стороною внизъ, т. е. толщина его равна толщинѣ кирпича или  $=\frac{1}{4}$  длины его, а на этомъ слоѣ располагаютъ другой — на ребро, толщина котораго равна длинѣ кирпича, такъ что вся толщина кладки изъ магнезитоваго кирпича равна  $\frac{1}{4}$  длины его. Каждый магнезитовый кирпичъ, прежде чѣмъ поставить на мѣсто, обмакиваютъ въ обезвоженной смолѣ, плотно приставляютъ къ сосѣднимъ кирпичамъ и уколачиваютъ молоткомъ, чтобы удалить часть смолы, заполняющей щели между кирпичами.

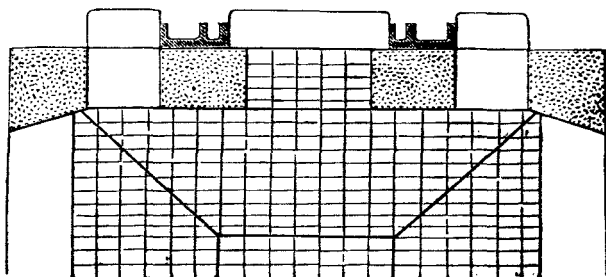
Вслѣдствіе ровной поверхности магнетизовыхъ кирпичей щели между ними очень незначительны, а если послѣ выгорания смолы въ нихъ случайно затечетъ сталь, то получается слой ея тоньше листа чертежной бумаги. Это обстоятельство гарантируетъ уходъ плавки черезъ набойку пода такъ какъ тонкій слой стали быстро застываетъ.

У передней стѣнки кладка изъ магнезитоваго кирпича доходитъ по всей длинѣ ея до хромистой набойки, а у средняго окна, гдѣ нѣтъ хромистой набойки, она доходитъ до чугуннаго порога окна, какъ показано на черт. 63.

Въ этомъ мѣстѣ пода плавится значительная часть завалки, забрасываемой близъ порога печи, а кромѣ того здѣсь скопляется много шлаку при сгребаніи его во время хода плавки, потому эта часть пода (между хромистыми стѣнками) должна быть особенно прочна, для чего она выкладывается слоемъ магнезитоваго кирпича.

На кирпичъ накладываютъ еще слой смѣси магнезитоваго порошка со смолою и утрамбовываютъ его раскаленными трамбовками, наваривая на него впоследствии слой доломита. Такой способъ устройства набойки не имѣетъ основанія, потому что доломитъ очень трудно приваривается къ магнезитовому порошку, а на магнезитовомъ кирпичѣ онъ сваривается очень хорошо, такъ что въ результатѣ получается напрасная трата магне-

Черт. 63.



зитоваго порошка и работы. Проще и лучше оставить магнезитовый кирпичъ непокрытымъ и наварить на него впоследствии слой доломита.

Когда укладка магнезитоваго кирпича на поду окончена, приступаютъ къ устройству откосовъ поперечныхъ стѣнокъ и отчасти продольныхъ.

Откосы поперечныхъ стѣнокъ состоятъ изъ кварцеваго кирпича, который покрываютъ слоемъ смѣси изъ магнезитоваго порошка со смолою до высоты каналовъ въ плавильномъ пространствѣ и трамбуютъ его, хотя это гораздо труднѣе сдѣлать, чѣмъ трамбовать смѣсь на поду. Утрамбованный слой (наклонный) порошка покрываютъ двумя рядами кирпичей, какъ и поду, такъ что вся толщина наклонной кирпичной кладки на откосѣ равна  $1\frac{1}{4}$  длины кирпича. Тупой уголъ между кирпичемъ откоса и пода выполняютъ смѣсью магнезитоваго порошка со смолою и трамбуютъ такъ, чтобы получился постепенный переходъ между откосомъ и подомъ. Такъ же точно устраиваютъ переходъ между подомъ, передней и задней стѣнками; толщину послѣдней при этомъ значительно увеличиваютъ.

Для отдѣленія кварцеваго кирпича отъ магнезитоваго гораздо лучше употреблять смѣсь смолы съ порошкомъ хромистаго желѣзняка, по нейтральности его въ раскаленномъ состояніи, а также и по дешевизнѣ \*).

\*) Смолу теперь оставлена и замѣнена известковымъ молокомъ.  
Совинскій. Производство стали.



Во время производства набойки из магнезитового порошка и кирпича, какъ сказано выше, подъ чугунными досками пода разводятъ огонь, такъ что въ плавильномъ пространствѣ, гдѣ работаютъ, воздухъ жаркій и удушливый отъ паровъ смолы.

Чтобы облегчить работу въ стѣнкахъ каналовъ, вверху, оставляютъ нѣсколько отдушинъ, по величинѣ равныхъ одному, или двумъ кирпичамъ, задымаемыхъ послѣ окончанія работы. Отдушины эти способствуютъ тягѣ и хотя отчасти облегчаютъ очень тяжелую работу.

Можно дѣлать магнезитовую набойку пода до укладки свода печи, но при этомъ трудно достигнуть необходимой температуры ( $40^{\circ}$ ) даже непрерывной топкой подъ чугунными досками пода. Въ виду этого раньше выводятъ сводъ и затѣмъ только дѣлаютъ набойку изъ магнезитовыхъ матеріаловъ. Конечно, гораздо проще вмѣсто смолы примѣнять, какъ цементъ для магнезитовыхъ кирпичей, смѣсь основнаго шлака съ порошкомъ магнезита, разведенную водою, такъ какъ при этомъ кладка пода идетъ при обыкновенной температурѣ.

Какъ было сказано выше, выкладывать подъ можно и кирпичемъ изъ хромистаго желѣзняка, почти неуступающимъ по качествамъ магнезитовому, за исключеніемъ поверхности: у магнезитоваго кирпича она замѣчательно ровная, а у хромистаго представляетъ въ большинствѣ случаевъ морщины и неровности; вообще поверхность хромистаго кирпича шереховата \*). Кромѣ того магнезитовый кирпичъ всегда можно купить на нѣмецкихъ заводахъ, хотя и по очень высокой цѣнѣ (1.000 шт. стоила въ 1892 г. въ Петербургѣ 530 р.), а хромистый приходится готовить самому, для чего необходимы сильныя прессы. Окончательно, конечно, хромистый кирпичъ обойдется гораздо дешевле.

Промежутокъ въ 1,54а, оставленный въ нижней части задней стѣнки для выпускной рамы, закладываютъ по всей ширинѣ на чугунныхъ доскахъ магнезитовымъ кирпичемъ до края подовой доски, а послѣ окончанія укладки пода всю выпускную раму набиваютъ смѣсью доломита съ обезвоженною смолою, т. е. такъ называемой мадерой. Набиваніе это производится по дереву, какъ и во время хода печи, но работа въ этомъ случаѣ гораздо легче и совершеннѣе. Ее ведутъ въ плавильномъ пространствѣ, закрывъ листами выходъ отверстія съ наружной стороны, такъ что дерево, по которому набиваютъ, расположено въ плавильномъ пространствѣ, т. е. наоборотъ тому, какъ бываетъ во время хода печи (см. отд. IV гл. I).

Набиваютъ мадеру деревянными трамбовками, стараясь придать набиваемому слою возможно большую плотность. На готовый подъ навариваютъ набойку изъ магнезита, или доломита, какъ сказано выше (см. отд. IV гл. I).

\*) Что зависитъ отъ неумѣлаго приготовленія его.

Переднюю и заднюю стѣнку, а также откосы обыкновенно дѣлають изъ кусковъ хромистаго желѣзняка въ виду того, что магнезитовый кирпичъ въ этихъ мѣстахъ не держится: сначала выкрашиваются углы, а потомъ и весь кирпичъ выпадаетъ. Но выкрашиванія кирпичей очень легко избѣгнуть, если при началѣ нагрѣванія печи быстро покрыть кирпичи слоемъ глазури. Для этой цѣли до начала нагрѣванія печи покрываютъ всю внутреннюю часть ея (плавильное пространство) жидкой глиною съ прибавленіемъ небольшого количества поваренной соли. Это приспособленіе даетъ возможность строить все плавильное пространство изъ магнезитоваго кирпича, что представляетъ полную гарантію противъ ухода плавки въ боковыя стѣнки, хотя и увеличиваетъ стоимость постройки печи.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

### Приборы.

Генераторный газъ проходитъ по трубамъ въ газовый аппаратъ, служащій для направленія его то въ одну, то въ другую половину печи. Аппаратъ этотъ состоитъ изъ пяти частей: а) прямоугольной коробки, вдѣланной въ стѣну, неподвижно, б) выдвижной трубы круглаго сѣченія, в) собственно аппарата, въ которомъ расположены передняя клапанъ, и г) двухъ боковыхъ коробокъ, одно сѣченіе которыхъ близко къ прямоугольному треугольнику.

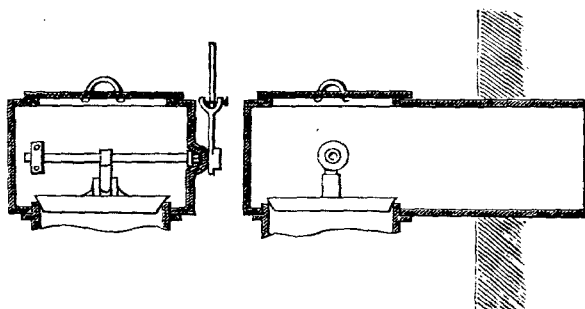
а) Прямоугольная коробка показана на чертежѣ 64. Въ верхней части ея имѣется круглое отверстіе, герметично закрываемое клапаномъ и служащее для выниманія нижняго подъемнаго клапана, закрывающаго выдвижную трубу б. Во время хода печи верхній клапанъ закрыть и плотно замазать глиною, а нижній—при помощи рычага, тяги и винта съ колесомъ можетъ подниматься и опускаться для измѣненія количества газа, притекающаго въ печь, или для полного прекращенія притока его. Такъ какъ газъ, проходящій надъ этимъ клапаномъ, содержитъ еще смолу, то послѣдняя осѣдаетъ на немъ, не позволяя плотно заператься. Для удаленія смолы закрываютъ задвижками въ генераторахъ доступъ газа въ трубы, выжигаютъ имѣющіеся въ послѣднихъ газъ, вынимають нижній клапанъ черезъ отверстіе верхняго и обжигаютъ его. Послѣ обжига удаляютъ нагаръ и ставятъ клапанъ на мѣсто. Такой обжигъ необходимо дѣлать разъ въ два-три мѣсяца при каменноугольномъ газѣ.

Коробку отливаютъ изъ чугуна; толщина стѣнокъ ея равна  $\frac{3}{4}$ " ; одну треть дна коробки задѣлываютъ въ кирпичную кладку стѣны, а двѣ трети приходятся надъ выдвижной трубой. Склепанныя изъ желѣзныхъ

листовъ коробки отъ дѣйствія высокой температуры скоро приходятъ въ негодность; онѣ теряютъ первоначальную форму.

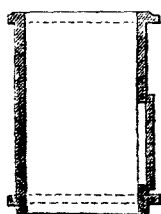
б) На чертежѣ 65 показана выдвигающая труба, съ двумя фланцами вверху и внизу. Верхній фланецъ приходится плотно къ прямоугольной

Фиг. 64.

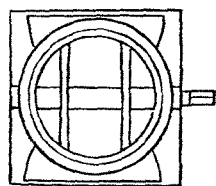
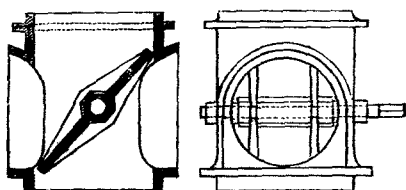


коробкѣ, а нижнимъ она опирается на аппаратъ (в). По срединѣ высоты трубы сдѣланы дверцы, которыя служатъ для выжиганія смолы на эллиптическомъ (перекидномъ) клапанѣ (последній буду такъ называть въ отличіе отъ круглаго клапана въ прямоугольной коробкѣ). Выжиганіе смолы на эллиптическомъ клапанѣ слѣдуетъ производить каждую недѣлю или, по-

Чер. 65.



Чер. 66.



крайней мѣрѣ, черезъ недѣлю, потому что собирающаяся на немъ смола мѣшаетъ плотному запиранію и влечетъ за собою постоянную потерю части газа черезъ зазоры, попадающаго прямо въ дымовую трубу вѣсто въ камеры регенераторовъ. Эллиптическій клапанъ обжигаютъ слѣдующимъ

образомъ: запирають плотно верхній круглый клапанъ и открываютъ дверцу въ трубѣ (б); температура въ аппаратѣ настолько высока, что находящійся тамъ остатокъ газа воспламеняется при свободномъ доступѣ воздуха черезъ открытыя дверцы, а вслѣдъ за нимъ загорается и смола; она быстро сгораетъ и оставляетъ на клапанѣ нагаръ, который тщательно удаляютъ, и клапанъ опять готовъ къ исправной работѣ.

е) Аппаратъ, показанный на чер. 66, состоитъ изъ вертикальной трубы съ двумя короткими, горизонтальными раструбами, къ которымъ прикрѣпляются боковыя коробки (г). Черезъ вертикальную трубу проходитъ ось, параллельно горизонтальнымъ раструбамъ, на которой насаженъ неподвижно эллиптическій клапанъ. Края клапана тщательно пристроганы и плотно пристають къ вертикальной трубѣ. Въ верхней части аппарата расположенъ круглый фланецъ, на который опирается труба (д), нижній фланецъ, четырехугольной формы, служить опорой всему аппарату.

Главный недостатокъ этого прибора состоитъ въ томъ, что клапанъ (эллиптическій) коробится, даетъ трещины отъ дѣйствія высокой температуры, и пропускаетъ часть газа прямо изъ генератора въ дымовую трубу, что составляетъ violentъ непродуктивную потерю горючаго матеріала, такъ какъ эта часть газа не сгораетъ въ плавильномъ пространствѣ печи. Чтобы предохранить клапанъ долше отъ трещинъ и лишить его возможности коробиться, послѣдній снабжаютъ продольными утолщеніями, въ видѣ реберъ, показанными на чер. 66.

Боковыя коробки (г), показанныя на чер. 67, какъ сказано выше, скрѣпляются при помощи болтовъ съ раструбами аппарата. Въ разрѣзѣ онѣ имѣютъ видъ близкій къ прямоугольному треугольнику, на гипотенузѣ котораго располагается лазъ эллиптической формы и такой величины, что въ него можетъ пройти мальчикъ лѣтъ 16-ти, для осмотра газовыхъ каналовъ, ведущихъ отъ аппарата къ камерамъ. Каналы эти часто засоряются при установкѣ аппарата. Лазъ закрывается плотно чугуною крышкой и обмазывается огнеупорною глиною (густою). Толщина стѣнокъ аппарата и коробокъ равна  $\frac{3}{4}$ " , т. е. она одинакова съ толщиной стѣнокъ подвижной трубы (б) и неподвижной коробки (а).

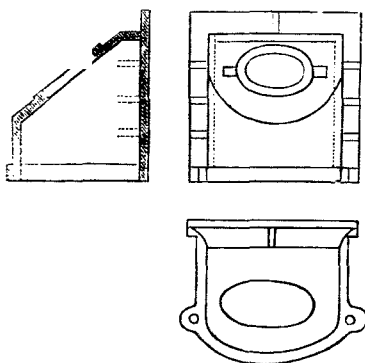
Когда весь аппаратъ собранъ, тщательно замазываютъ огнеупорною глиною всѣ щели между его составными частями, чтобы устранить возможность прониканія воздуха въ аппаратъ, что обуславливаетъ сгораніе части газа въ самомъ аппаратѣ.

При положеніи клапана, показанномъ на чер. 66, газъ изъ генераторныхъ трубъ поступаетъ въ коробку (а), трубу (б), верхнюю часть аппарата и надъ эллиптическимъ клапаномъ поворачиваетъ въ лѣвую боковую коробку (а), изъ которой переходитъ въ лѣвый газовый каналъ передъ печью, а затѣмъ въ лѣвую газовую камеру регенератора. Изъ правыхъ

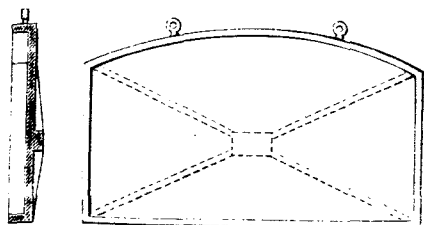
камерь продукты горѣнія по каналу передь печью поступаютъ въ правую боковую коробку (1); въ раструбъ аппарата и подь эллиптическимъ клапаномъ поворачиваютъ въ нижнюю часть вертикальной трубы аппарата, боровокъ и дымовую трубу.

Аппаратъ соединенъ съ дымовою трубою при посредствѣ боровка около 2 футъ высокою, въ которомъ вдѣлана заслонка съ чугуною рамою, служащая для измѣненія тяги въ печи. Боровокъ открывается въ кирпичное основаніе трубы, высокою въ 3 сажени, покрытое чугуною доскою съ круглымъ отверстіемъ, діаметръ котораго на одинъ кирпичъ меньше діаметра желѣзной трубы. Послѣдній равенъ  $4\frac{1}{4}$  фут., по всей высотѣ трубы, которая не должна быть меньше 70 футъ. До половины высоты трубы эти выкладываются слоемъ кирпича, толщиною въ  $4\frac{1}{2}$ " ; основаніемъ кирпич-

Чер. 67.



Чер. 68.



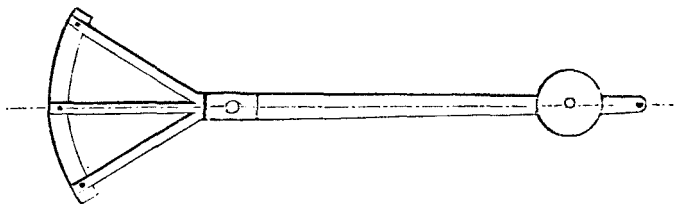
ной кладки служить выступъ чугуною доскою, покрывающей кирпичное основаніе трубы. Кирпичная кладка внутри трубы не позволяетъ быстро остывать продуктамъ горѣнія и способствуетъ усиленію тяги. Желѣзную часть трубы склепываютъ изъ листового желѣза, толщиною въ  $\frac{1}{16}$ " —  $\frac{1}{8}$ " ; діаметръ верхней части трубы на 9" больше діаметра нижней, но это обстоятельство не только не уменьшаетъ тяги, но даже увеличиваетъ ее по мнѣнію нѣкоторыхъ авторовъ. Нижний край желѣзной трубы снабженъ фланцемъ съ многочисленными отверстіями для заклепокъ, соответственно которымъ имѣются такія же отверстія, только эллиптической формы, въ чугуною доскѣ, покрывающей кирпичное основаніе трубы. При установкѣ трубы заботятся о томъ, чтобы отверстія фланца совпали съ отверстіями чугуною доски и затѣмъ скрѣпляютъ ихъ заклепками. Гораздо лучше устройство трубы съ желѣзнымъ башмакомъ, который приклепавъ къ основанію трубы и замѣняетъ чугуною доскою.

Воздушный и газовый аппараты закрываются круглыми клапанами.

приводимыми въ движеніе помощью двухъ угольниковъ, струны, винта въ колонкѣ и колеса надъ ней, на которое дѣйствуетъ усиліе рабочаго. При поворачиваніи колеса на колоннѣ поднимается или опускается въ ней винтъ, поворачивающій первый угольникъ, послѣдній дѣйствуетъ на струну, приводящую въ движеніе одно колѣно второго угольника, а второе колѣно его поднимаетъ, или опускаетъ круглый клапанъ.

Эллиптическіе клапаны газоваго и воздушнаго аппаратовъ насажены неподвижно на осяхъ, поворачиваемыхъ помощью угольниковъ, струнъ и ручекъ. Послѣднія расположены надъ площадкою передней стороны печи. съ лѣвой стороны ея, а колонны съ подъемными винтами-- съ правой. При передвиженіи ручекъ то въ одну, то въ другую сторону эллиптическіе клапаны принимаютъ положеніе противоположное ручкамъ и газъ направляется въ печь со той стороны, къ которой обращены концы ручекъ. вмѣсто перекидныхъ аппаратовъ давно уже примѣняютъ такъ называемые колокольные аппараты, но и послѣдніе имѣютъ недостатки, поэтому ихъ

Чер. 69.



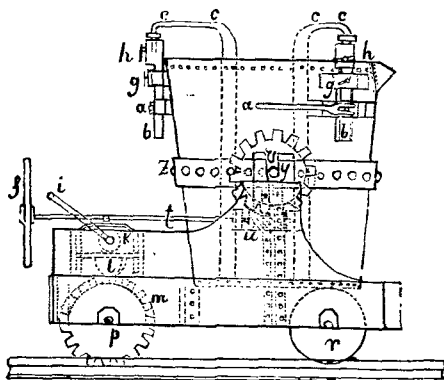
замѣнили отдѣльными клапанами, по два, вмѣсто одного распределительнаго, такъ что всего имѣется четыре клапана: два для воздуха и два для газа.

Всѣ окна печи закрываются крышками. На чер. 68 показана крышка средняго окна. Внутренняя сторона крышекъ выкладывается огнеупорнымъ кирпичемъ изъ шамота. Въ верхней части крышки имѣются ушки, за которыя она подвѣшивается при помощи цѣпей съ крючками къ рычагу, показанному на чер. 69. Рычагъ поворачивается на оси, расположенной такъ, чтобы незначительнымъ усиліемъ можно было свободно приподнимать крышку, подвѣшенную къ короткому плечу рычага. Часто дѣлаютъ рычаги выгнутыми въ томъ мѣстѣ, гдѣ помѣщается ось, какъ показано на чер. 69 линіями, но гораздо проще сдѣлать выгнутымъ кронштейнъ, поддерживающій эту ось, чтобы удалить отъ стѣны печи точку привѣса крышки, иначе она будетъ задѣвать за арматуру печи при подъемѣ и опусканіи ея, что повлечетъ за собою выпаданіе кирпичей.

Дѣлаютъ крышки въ настоящее время только въ видѣ одной желѣз-

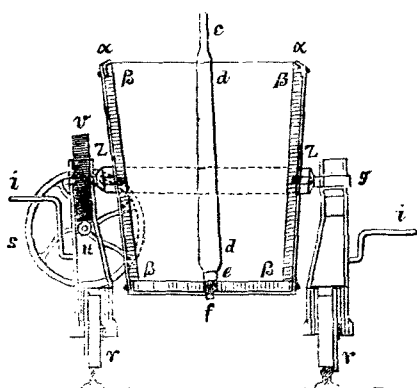
ной, или чугунной рамки съ ушками, толщиной около 65 мм., которую выкладываютъ кирпичемъ изъ шамота (а не динаса, какъ дѣлали прежде). Такая крышка выдерживаетъ 100 плавовъ и болѣе и снова можетъ быть выложена кирпичемъ. Крышки съ охлажденіемъ водою не по-

Чер. 70.

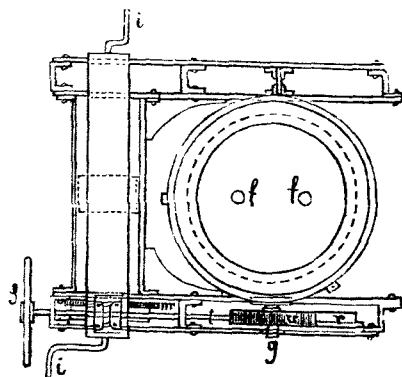


лучилъ никакого распространенія. Нѣтъ нужды въ охлажденіи водою и косяковъ у завалочнаго окна, такъ какъ кирпичные столбы выдерживаютъ всю кампанію печи.

Чер. 71.



Чер. 72.



На чер. 70, 71 и 72 показанъ ковшъ съ тельжкой для разливанія стали; *a*—ручка для подниманія поползушки *b*, въ которой укрѣплено помощью болта *h* короткое колѣно запора *cc*, длинное колѣно запора *dd* обмазано глиною и оканчивается пробкою *e*, заиращающею отверстіе стакана *f*. Болтъ *g* придерживаетъ поползушку запора въ его щекѣ, такъ

что до начала разливанія прежде всего отвинчиваютъ этотъ болтъ. Телѣжка ковша сѣлена изъ дюймовыхъ листовъ; она передвигается при помощи рукоятки *i* и пары шестеренъ *k* и *l*, изъ которыхъ послѣдняя заѣзжаетъ за зубчатое колесо *m*, скрѣпленное неподвижно съ заднимъ колесомъ телѣжки *p*; переднія колеса *r* не снабжены такими шестернями. При помощи колеса *s*, вала *f* и безконечнаго вѣнта *u* поворачивается зубчатое колесо *v*, насаженное неподвижно на концѣ цапфы *y*, составляющей продолженіе кольца *zz*, къ которому приклепанъ кожухъ ковша. Безконечный вѣнтъ и зубчатое колесо *v* служатъ для поворачиванія ковша на 90°, при очисткѣ его отъ шлака. Въ верхней части кожуха прикрѣплены угольники *a*, удерживающіе на мѣстѣ кирпичную футеровку ковша *ββ* при вышеуказанномъ поворачиваніи его. Лучшими слѣдуетъ признать эллиптическіе ковши, которые могутъ быть поворачиваемы на 180° для нагрѣванія и очистки.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### Завалочныя машины \*).

Первая машина для завалки мартеновскихъ печей была построена С. Т. Уэльманномъ въ 1837 г. на заводѣ «Ohio Steel Comp.» въ Кливлендѣ въ Огайо. Она была гидравлическою и главный ея недостатокъ: медленные движенія. Въ 1894 г. Уэльманнъ переѣлалъ ее на электрическую, но въ ней было еще много недостатковъ: слишкомъ большіе размѣры, недостаточное уравновѣшеніе при подъемѣ завалки, несоответственное мѣсто для машиниста и недостаточно прочный вагонъ-платформа, на которомъ расположена машина. По эскизу этой машины была построена въ Германіи на заводѣ «Акціонернаго Общества Ляухгаммеръ» нижеописанная, самая совершенная завалочная машина. Въ 1897 г. Уэльманнъ видоизмѣнилъ свою машину, устраняя вышеуказанные недостатки, но общій видъ машины остался близокъ къ первоначальному типу 87 года и значительно уступаетъ машинѣ Ляухгаммерскаго Акц. Общ., показанной на чертежахъ 73—75. Она состоитъ изъ вагона-платформы длиною (по направ. движ.) въ 3,5 м. при ширинѣ въ 5 м., на которомъ находятся четыре электродвигателя; ими управляетъ одинъ человекъ, находящійся на разстояніи 6 метр. отъ печи. Первый электродвигатель сообщаетъ ма-

\*) Stahl und Eisen: 1891 № 4 стр. 35

1895 > 14 > 669

1895 > 20 > 940

1896 > 1 > 17

1897 > 4 > 138

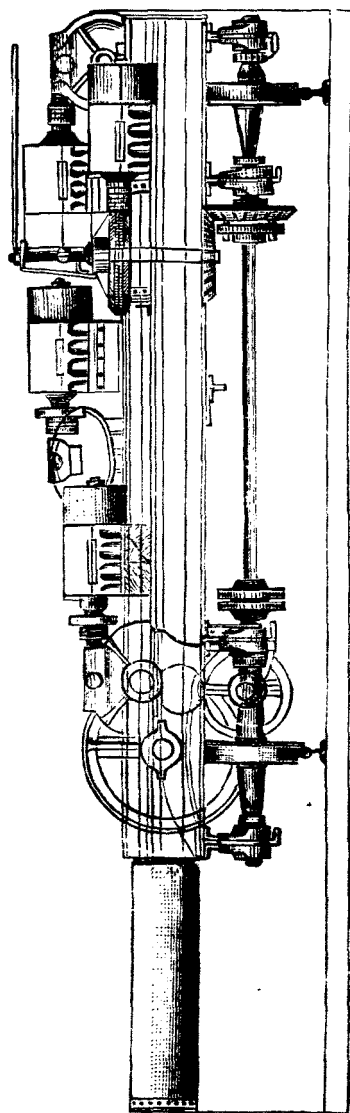
1897 > 17 > 708

1897 > 20 > 857

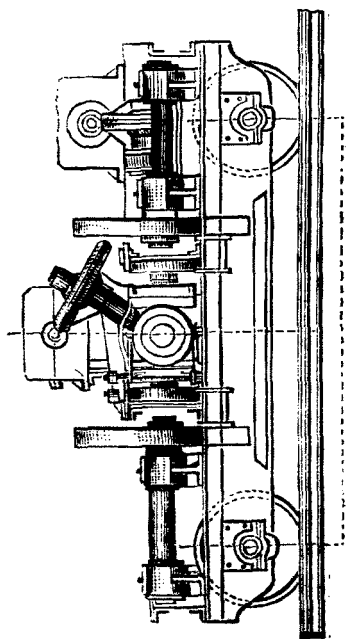


шинъ движеніе параллельно завалочной сторонѣ печей. Второй—помощью двухъ кулаковъ поднимаетъ вверхъ среднюю часть вагона, поворачивающуюся на задней оси и соединенную автоматически съ электромагнитомъ, который отпускаетъ тормазъ, какъ только токъ проходитъ въ электродвигатель. Тормазъ препятствуетъ внезапному паденію средней части вагона (при случайномъ прекращеніи тока), вмѣстѣ со стержнемъ, на концѣ котораго имѣется совокъ съ завалкою.

Чер. 73.



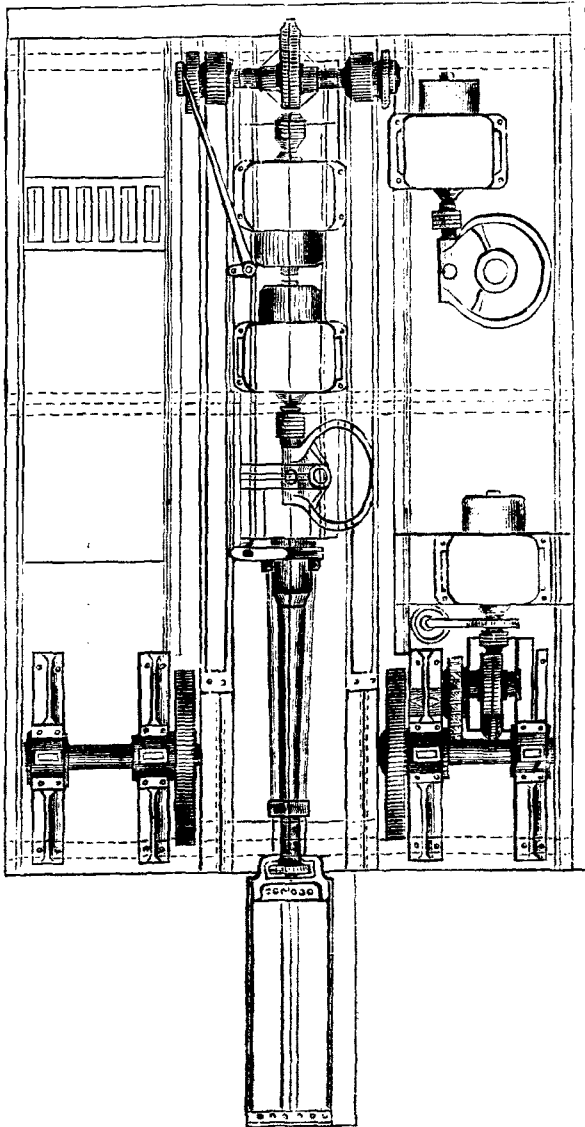
Чер. 74.



Средняя, подвижная часть вагона покоится на двухъ прочныхъ, двутавровыхъ балкахъ, которыя, какъ сказано выше, могутъ поворачиваться около задней оси. Между балками, снабженными сверху зубчатыми рейками, движется маленькій вагончикъ съ сильнымъ желѣзнымъ стержнемъ.

На вагончикѣ находятся два другихъ электродвигателя, изъ которыхъ одинъ служитъ для передвиженія вагона со стержнемъ для завалки, а

Чер. 75.



другой—для поворачиванія стержня и опорачиванія совка, содержащаго заваливаемые материалы. На концѣ стержня движется муфта съ двумя захватами, которая укрѣпляет совокъ на стержнѣ, послѣ того, какъ остро—

конечная верхушка послѣдняго войдетъ въ соответственную головную часть совка.

Дѣйствіе машины состоитъ въ слѣдующемъ: Стержень выдвигается, захватываетъ съ вагона совокъ съ 1 т. завалки, поднимаетъ его, подходитъ къ завалочному окну печи, вдвигаетъ черезъ послѣднее въ плавильное пространство, быстро поворачивая, опоражниваетъ, тотчасъ же выдвигаетъ назадъ и ставитъ на прежнее мѣсто опорожненный совокъ. Вдвиганіе, опоражниваніе и выдвиганіе совка совершается съ чрезвычайною быстротою во избѣжаніе порчи совковъ отъ высокой температуры печи.

Кажущаяся сложность конструкціи машины значительно упрощена тѣмъ, что каждое отдѣльное ея движеніе выполняется отдѣльнымъ электродвигателемъ. Помощью этой машины одинъ человѣкъ дѣлаетъ завалку печи въ промежутокъ времени 9 разъ меньшій, чѣмъ прежде дѣлали 4 человѣка руками. При 4-хъ плавкахъ въ сутки, на завалку каждой употребляли 3 часа (руками), а при помощи завалочной машины теперь ту же завалку оканчиваютъ въ 20 м.; слѣдов. экономія времени на каждую плавку около  $2\frac{1}{2}$  ч., въ теченіи которыхъ печь не охлаждается подъемомъ крышки; такъ что экономія времени въ завалкѣ 4-хъ плавковъ ( $2,5 \times 4 = 10$  ч.) даетъ возможность сдѣлать въ сутки 6—7 плавковъ.

Желѣзная мелочь, доставляемая на заводъ, не поступаетъ на складъ, а насыпается на дворѣ въ совки изъ листового желѣза, которые помѣщаются по 3 или 4 на маломъ вагончикѣ. Совки—длинною въ 1,83 м., шириною въ 0,6 м. и глубиною въ 0,53 м. вмѣщаютъ въ среднемъ 0,6 куб. мет. Этого объема достаточно для помѣщенія 1 т. руды, или мелочи и болѣе тонны чугуна.

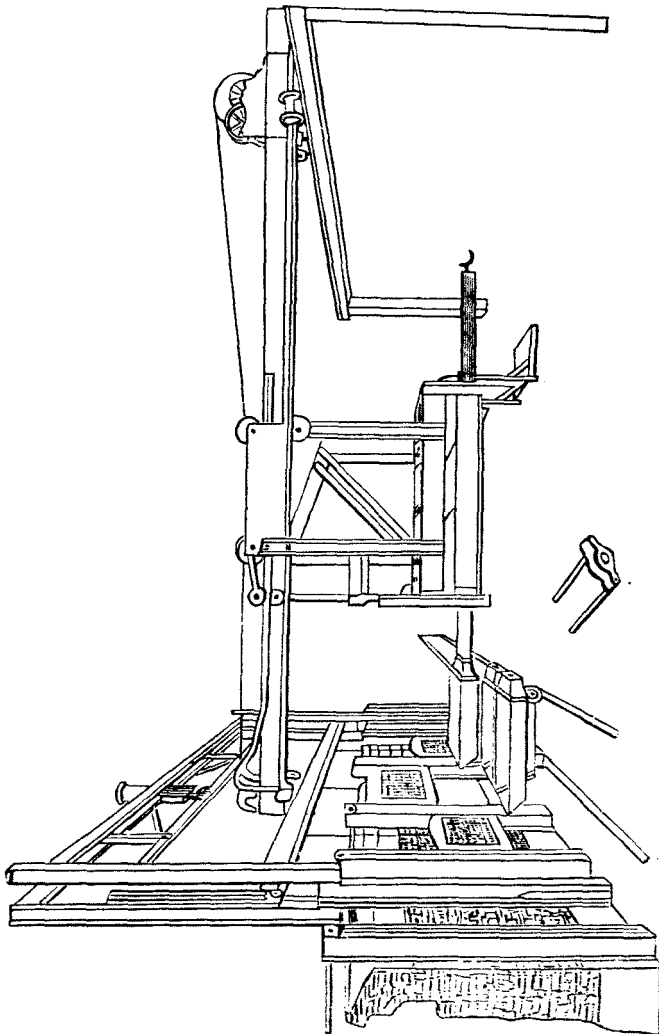
Для предохраненія машины отъ пыли всѣ электродвигатели и зубчатые приводы покрыты сплошь чехлами. Передача всѣхъ движеній совершается посредствомъ безконечныхъ винтовъ и зубчатыхъ колесъ. Безконечные винты съ тремя завитками приготовлены изъ закаленной стали, зубчатые колеса—изъ фосфористой бронзы; соединеніе электродвигателей съ винтовымъ зацѣпленіемъ выполнено посредствомъ кожаныхъ колець, хорошо сохраняющихся.

Послѣ девятимѣсячной работы первой завалочной машины въ ней не оказалось и слѣдовъ изнашиванія и прекрасное дѣйствіе ея дало поводъ приготовленія другой такой же машины на заводѣ Ляухгаммерскаго Акціон. Общ. Въ концѣ 1897 г. дѣйствовало въ Германіи 5, а въ Россіи 1 такая машина, построенная на заводѣ Ляухгаммерскаго Акц. Общ.

Вторую машину построилъ I. П. Экъ на заводѣ «Midland Steel Company» въ Мюнси въ Индіанѣ (Соед. Шт.). Устройство ея видно изъ прилагаемаго чертежа (76). Собственно завалочный приборъ подвѣшенъ на тѣлѣжкѣ, которая можетъ передвигаться взадъ и впередъ (перпендикулярно

длинѣ печи) на двухъ балкахъ. Концы послѣднихъ расположены на двухъ тельжкахъ, движущихся по балкамъ параллельно длинѣ печи. Задняя балка неподвижна, а передняя, расположенная надъ печью, можетъ быть подни-

Чер. 76.

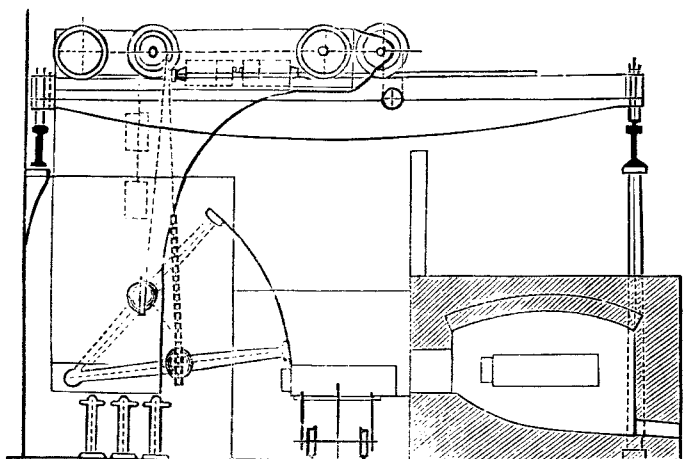


маема посредствомъ гидравлическаго цилиндра, причеъ одновременно поднимаются заслонки завапочныхъ оконъ печи. Стержень можетъ поворачиваться помощью особеннаго механизма. Остальныя части этой машины сходны съ Уэльмэнна машиною.

Третью завапочную машину построилъ въ Дюсельдорфѣ Левцъ; она.

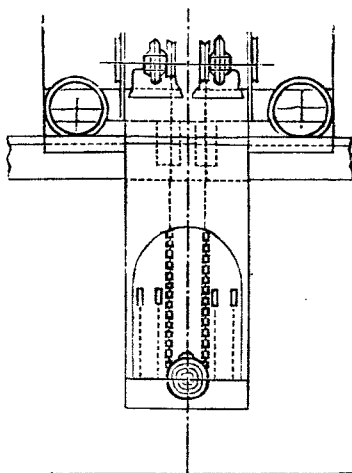
представляет собственно электрической кранъ, особенно пригодный для тѣхъ заводовъ, гдѣ передъ печами (на завалочной сторонѣ) мало мѣста. На чер. 77—79 показанъ этотъ электрической кранъ, который движется

Чер. 77.



по двумъ балкамъ, съ прикрѣпленными къ нимъ рельсами. Балки расположены на стѣнахъ, или на отдѣльныхъ стойкахъ. Разстояніе между ко-

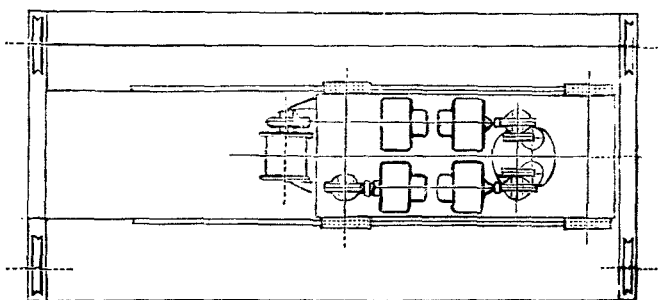
Чер. 78.



лесами обыкновенной электрической медвѣдки равно 3—4 мет., такъ что опрокидываніе не можетъ имѣть мѣста, какъ при машинѣ Уэльмѣнна. Медвѣдка снабжена подвѣсной коробкой, въ которой заключена голова

завалочного стержня, помещенная въ шарообразной подушкѣ, допускающей поворачиваніе стержня около его оси. Почти на серединѣ стержня находится шкивъ для цѣпи, въ которомъ свободно вращается шарообразная часть стержня. Шкивъ обхватываетъ калиброванная цѣпь, концы которой проходятъ по такимъ-же шкивамъ, расположеннымъ на медвѣдкѣ. Последніе сидятъ на осяхъ, общихъ съ зубчатыми колесами, зацѣпляемыми безконечными винтами, которые приводятся въ движеніе электродвигателями *a* и *b*. Къ концамъ цѣпей прикрѣплены противовѣсы, равные по величинѣ вѣсу стержня съ нагруженнымъ совкомъ. Если оба электродвигателя вращаются въ одну сторону, то стержень поднимается или наклоняется, а при движеніи динамомашинокъ въ различныя стороны стержень поворачивается вправо, или влево для опораживанія совка. Третій электродвига-

Чер. 79.



тель (*c*) передвигаетъ медвѣдку назадъ или впередъ, т. е. вдвигаетъ въ печь и выдвигаетъ изъ нея совокъ.

Четвертый электродвигатель передвигаетъ назадъ и впередъ весь кранъ. Кромѣ того имѣется пятый электродвигатель (*d*), дѣйствующій на особенный барабанъ, на который наворачивается цѣпь; онъ доставляетъ въ печь материалы, необходимые для ея ремонта, а потому ускоряетъ эту мѣшкотную работу. При этой работѣ стержень поднимаютъ въ высшее положеніе (какъ показано на черт. 77 пунктиромъ); причемъ медвѣдка можетъ быть передвинута почти къ самой печкѣ. Кранъ этотъ можетъ быть съ пользою примѣняемъ даже при небольшомъ числѣ печей. Машинистъ помещается на высотѣ 1,3 м. надъ уровнемъ пола, откуда онъ можетъ выполнять всѣ движенія и, находясь противъ завалочнаго окна, видѣть все, что происходитъ въ печи. Если передъ печью находится свободный проходъ въ 2,5 м., то его достаточно для проѣзда крана съ приподнятымъ стержнемъ, а для свободного заваливанія передъ окномъ печи должно быть 4,7 м. пространства.

Кранъ чрезвычайно легко поворачивается, вводитъ и опораживаетъ совки въ печь и вынимаетъ ихъ наружу, можетъ также, по желанію, до-

ставлять совки съ завалкою вмѣсто узкоколейныхъ вагоновъ. Преимущество его передъ завалочными машинами типа Уэлльмэна то, что крану не мѣшаютъ колонны для газа и воздуха, а также, что онъ не движется непосредственно надъ газовыми камерами или корридорами печи. Ляухгаммерское Акціонерное Общество устраиваетъ у себя такой кранъ независимо отъ имѣющихся у него завалочныхъ машинъ.

## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

### Матеріалы.

I. Для постройки мартеговскихъ печей примѣняютъ нѣсколько сортовъ кирпича, различающихся какъ по своей огнеупорности, такъ и по химическому составу, а именно: а) красный (обыкновенный) кирпичъ, б) кирпичъ изъ огнеупорной глины, отвѣчающій англійскому «*glenboig*», в) кирпичъ изъ шамота, цементированный огнеупорною глиною, г) кварцевый кирпичъ, отвѣчающій англійскому «*dinas*», д) магнезитовый кирпичъ, и е) кирпичъ изъ хромистаго желѣзняка.

II. Для устройства набойки мартеговскихъ печей примѣняется песокъ бѣлый и сѣрый, доломитъ, хромистый желѣзнякъ, магнезитовый порошокъ, а также смѣсь обезвоженной смолы съ порошокомъ магнезита, или хромистаго желѣзняка, гавистеръ и основной шлакъ, какъ примѣсь къ магнезитовому порошоку.

Матеріаломъ для выкладыванія фундамента служатъ естественные камни, какъ напр.: гранитъ, песчаникъ, плитнякъ и пр.

### I.

#### а) Красный кирпичъ.

Этотъ кирпичъ идетъ только на постройку наружныхъ, поперечныхъ стѣнъ печи, наружныхъ частей генераторныхъ топокъ, столбовъ и на литейную канаву.

#### б) Кирпичъ изъ огнеупорной глины.

Кирпичъ изъ огнеупорной глины идетъ на постройку камеръ регенераторовъ, каналовъ передъ печью, боровка и основанія дымовой трубы. Его готовятъ изъ хорошей огнеупорной глины, которую тщательно пережѣшиваютъ съ 2—3 частями песку, формуютъ и сильно обжигаютъ.

#### в) Кирпичъ изъ шамота.

Кирпичъ этотъ идетъ на насадки регенераторовъ, внутреннія, верхнія части топокъ генераторовъ и на выкладываніе крышекъ. Для его

приготовленія измельчаютъ старый, огнеупорный кирпичъ, преимущественно кварцевый, смѣшиваютъ съ небольшою частью огнеупорной глины, формуютъ, просушиваютъ, прессуютъ и обжигаютъ.

### г) Кварцевый кирпичъ.

Кварцевый кирпичъ идетъ на устройство всего плавильнаго пространства и его каналовъ.

Въ Англии кирпичъ этотъ готовятъ изъ чистаго оксфордскаго песчаника (пльмучей породы), который наряду съ зёрнами песка содержитъ гидратъ окиси кремнія, вещество пластичное въ сыромъ видѣ, а потому служащее хорошимъ цементомъ. Сформованный кирпичъ просушиваютъ, сильно прессуютъ и обжигаютъ при очень высокой температурѣ (бѣлокальнѣномъ жарѣ).

За неимѣніемъ оксфордскаго песчаника формуютъ кирпичъ изъ чистаго, мелкаго кварцеваго песка, зерна котораго цементируютъ прибавленіемъ  $\frac{1}{2}$ —1% извести, или смачиваютъ ихъ концентрированнымъ растворомъ соды; при сильномъ прокаливаніи весь прибавленный натрій улетучивается, способствуя при этомъ частичному оплавленію зеренъ песка. До прокаливанія кирпичъ сильно прессуютъ.

На одномъ изъ нашихъ уральскихъ заводовъ (въ Пермской губерніи) готовятъ кварцевый кирпичъ слѣдующимъ образомъ: чистый кварцъ въ крупныхъ кускахъ нагрѣваютъ докрасна, даютъ остыть, измельчаютъ въ чугунной, или стальной толчеѣ, отсѣиваютъ отъ болѣе крупныхъ кусковъ, смѣшиваютъ съ 1% извести и  $1\frac{1}{2}$ % огнеупорной глины, сильно прессуютъ (ударами бабы), просушиваютъ на воздухѣ, а затѣмъ въ обжигательной печи, гдѣ сначала задаютъ легкій жаръ, а затѣмъ увеличиваютъ его постепенно до бѣлаго каленія, такъ что ближайшіе къ порогу кирпичи часто оплавляются, но идутъ въ дѣло.

Въ Германіи \*) динасовый кирпичъ готовятъ изъ чистаго кварца съ прибавленіемъ 1—2% извести и получаютъ кирпичъ слѣдующаго состава:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Сумма примѣсей.
Марка Стезя . . .	95,40	1,40	3,20	4,60
› Лютгенъ I . . .	96,24	2,36	1,40	3,76
› Лютгенъ II . . .	96,54	2,06	1,43	3,49

Составъ англійскаго кирпича двухъ нижеприведенныхъ марокъ слѣдующій:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Сумма примѣсей.
Марка Эдленъ . . .	97,40	1,49	1,11	2,60
› Лёууль . . .	96,80	2,23	0,97	3,20

\*) Stahl und Eisen. 1895 г. № 23. стр. 1087.



Химическая лабораторія Пр. Зегера и Крамера въ Берлинѣ при опредѣленіи достоинства кирпича примѣняетъ способъ Крамера для опредѣленія постоянства объема прокаленного кирпича. Способъ этотъ основанъ на томъ, что при возрастаніи, или уменьшеніи объема матеріала соответственно уменьшается или увеличивается его удѣльный вѣсъ. Опредѣляя удѣльн. вѣсъ до и послѣ прокаливанія кирпича, легко вычислить изменение его объема. Для поясненія приведемъ примѣры: Кусокъ кирпича марки «Стедля» вѣсилъ.

въ воздухѣ . . . . . 49,252 гр.  
 » водѣ . . . . . 28,565 »

Поэтому объемъ = 20,687 куб. сант. 1 килограммъ занимаетъ слѣдовательно  $\frac{20,687 \times 1000}{49,252} = 420,0$  куб. сант.

Послѣ прокаливанія до температуры около 1600° вѣсъ испытуемаго куска былъ слѣдующій:

въ воздухѣ . . . . . 49,251 гр.  
 » водѣ . . . . . 28,350 »

Поэтому объемъ = 20,901 куб. сант., а 1 к. занимаетъ  $\frac{20,901}{49,251} \times 1000 = 424,3$  куб. сант. объема.

Отсюда слѣдуетъ, что 1 кил. dinasоваго кирпича послѣ прокаливанія увеличился въ объемѣ на 424,3 — 420,0 = 4,3 куб. сант.

Для опредѣленія температуръ лабораторія примѣняетъ нормальные конусы плавленія пр. Зегера, различные номера которыхъ обладаютъ различнымъ составомъ и плавятся при различныхъ температурахъ:

№ 17 состава  $\left\{ \begin{array}{l} 0,3 \text{ K}_2\text{O} \\ 0,7 \text{ CaO} \end{array} \right\}$  2,7 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 27 SiO<sub>2</sub> температур. плавл. 1613 Ц.  
 » 34 » Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,5SiO<sub>2</sub> » » 2120 »  
 » 35 » Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2<sub>1</sub> SiO<sub>2</sub> (каолинъ) » » 2150 »

Точка плавл. испытуемаго кирпича лежала между № 34 и 35-ымъ.

#### д) Магнезитовый кирпичъ.

Магнезитовый кирпичъ идетъ на устройство стѣнъ и пода основныхъ печей. Способъ приготовленія магнезитоваго порошка и кирпича по Веддингу \*), слѣдующій:

Очищенный магнезитовый шпатель сильно обжигаютъ на буромъ углѣ, свободномъ отъ кислотъ, причемъ суточная производительность достигаетъ 80 тоннъ обожженнаго магнезита. Для полученія магнезита высокихъ качествъ необходимъ бѣлокалийный жаръ, но при этомъ магнезитъ можетъ засориться кислотою набойкою обжигательной печи, поэтому ту часть

\*) Въ № 4 за 1893 г. журнала «Stahl und Eisen» на стр. 280 Веддингъ описываетъ приготовленіе магнезита на заводѣ Штатара въ Кобленцѣ.

печи, гдѣ температура самая высокая, выкладываютъ изъ магнезитовыхъ кирпичей. Примѣсы желѣза и кремнезема на столько незначительны, что магнезитъ не шлакуется, а только отчасти спекается. Печь работает непрерывно и каждые шесть часовъ выгребають обожженный магнезитъ, переводить механически на сортировочное устройство, гдѣ въ ручную очищаютъ его отъ извести, кремнезема и другихъ примѣсей. Очищенный материалъ измельчается и идетъ на приготовленіе магнезитовыхъ кирпичей. Сформованный кирпичъ подвергаютъ прессованію гидравлическимъ прессомъ при давленіи въ 300 атмосферъ, сушатъ и обжигаютъ въ камерахъ особой печи по 3,000—6,000 штукъ заразъ. Въ камерахъ кирпичи, сложенные рѣдко, подвергаются непосредственному дѣйствію пламени. Число камеръ девять; онѣ тоже выложены магнезитовымъ кирпичемъ и отчасти служатъ для высыхания и для остыванія въ нихъ кирпичей.

Для особыхъ цѣлей, какъ то фурмъ, тиглей и пр. примѣняютъ магнезитъ два раза обожженный, причемъ эти издѣлія въ свою очередь обжигаются два, три раза.

Формы, въ которыхъ прессуютъ кирпичи, готовятъ изъ самой твердой стали, но помимо этого онѣ чрезвычайно быстро изнашиваются и приходятъ въ негодность, такъ что ихъ часто ремонтируютъ, для чего имѣются особыя механическія мастерскія на мѣстѣ. Кромѣ того, необходимо столярный цехъ для приготовленія ящиковъ, служащихъ для укупорки кирпича и порошка.

Производительность завода за 1892 г. достигла 13.000 тоннъ обожженного магнезита, въ томъ числѣ около 600 тоннъ магнезитовыхъ кирпичей. 200 вѣсовыхъ частей сыраго магнезита даютъ 100 в. ч. обожженного и очищенного, составъ котораго послѣ тщательнаго пережѣиванія оказался:  $SiO_2$ —3,4%;  $Fe_2O_3$ —7,79%;  $Al_2O_3$ —0,82%;  $CaO$ —1,76%;  $MgO$ —85,3%. Въ различныхъ сортахъ магнезитаго шпата содержаніе углекислаго магнія колеблется отъ 87 до 99,5%. Кирпичи, приготовляемые изъ обожженного магнезита, при высокой температурѣ не коробятся, не трескаются и не расширяются, а при обыкновенной температурѣ вовсе не поглощаютъ влажности, поэтому они отвѣчаютъ всевозможнымъ требованіямъ, какія только можно предъявлять къ такого рода матеріаламъ.

Веддингъ не указываетъ, способа формованія магнезитаго кирпича а по Биллофу \*) для его приготовленія примѣняютъ, какъ связывающее средство, хлористый магній и гидратъ окиси магнія. пользуясь свойствомъ этихъ соединеній магнія при слабомъ прокалываніи переходить въ ѣдкое, негигроскопическое видоизмѣненіе. Для приготовленія кирпичей примѣняютъ около 10% такого ѣдкаго видоизмѣненія магне-

\*) Thoning, Ztg. 1893, 17, 143.

зи. Сформованные помощью гидравлического прессы кирпичи, во избежаніе растрескиванія при высыханіи, долгое время сохраняются влажными (т. е. подвергаются очень медленной сушкѣ), а послѣ высыханія обжигаются при высокой температурѣ. Кладку изъ нихъ дѣлаютъ на цементѣ изъ магнези или смолы.

По вышеуказанному готовятъ кирпичи изъ штейрмакского магнезита, который въ необожженномъ видѣ состоитъ изъ: 90—96%  $MgCO_3$ ; 0,5—2%  $CaCO_3$ ; 3—6%  $FeCO_3$ ; 0—1%  $SiO_2$ ; 0—0,5  $Mn_2O_3$ .

По даннымъ Гуви (Stahl und Eisen 1889 г. 398 стр.). Составъ необожженного австрійскаго магнезита слѣдующій:

Магнезитъ изъ Нюстия.	изъ Длиннгъ.
$SiO_2$ 2,75 %	2,30 %
$Fe_2O_3$ 4,30 »	3,90 »
$CaO$ 2,50 »	2,10 »
$MgO$ 42,58 »	41,87 »
$CO_2$ 47,87 »	49,83 »
100,00 »	100,00 »

#### е) Кирпичъ изъ хромистаго желѣзняка.

Кирпичъ изъ хромистаго желѣзняка можно примѣнять какъ для устройства пода основныхъ печей, вмѣсто магнезитоваго кирпича, такъ и для выкладыванія стѣнъ и свода.

Для приготовления этого сорта кирпича, измельчаютъ куски хромистаго желѣзняка въ порошокъ, отсеиваютъ отъ крупныхъ кусковъ и смѣшиваютъ съ 1%, много 2% чистаго, основнаго шлака (состава, приблизительно:  $SiO_2$  — 12 — 18%;  $Al_2O_3$  — 3 — 10%;  $FeO$  — 20 — 25%;  $CaO$  — 20 — 40%) или съ 5—8% обезвоженной смолы. Незначительная примѣсь (въ 1—2%) шлака имѣетъ цѣлью способствовать спеканію порошка хромистаго желѣзняка, причемъ смѣсь прессуютъ въ сыромъ видѣ. Смола играетъ роль цемента при формовкѣ кирпича, а послѣ обжига она спекается и сообщаетъ прочность хромистому кирпичу. Для этой цѣли можно примѣнять только каменноугольную смолу, вполне свободную отъ воды и имѣющую свойство послѣ прокаливанія только спекаться, а ни въ какомъ случаѣ не давать бокса, который обуславливаетъ раздуваніе и тресканіе кирпичей. Такого свойства смола примѣняется для приготовления всѣхъ основныхъ кирпичей и абоекъ.

Хромистый порошокъ очень тщательно перемѣшиваютъ со смолою, формуютъ въ кирпичи, просушиваютъ, сильно прессуютъ гидравлическимъ прессомъ при давленіи отъ 200 до 300 атмосферъ, для выдѣ-

ления части смолы и сообщенія кирпичу прочности послѣ обжига. Прессованіе производятъ такимъ же точно образомъ, какъ и при магнизитовомъ кирпичѣ. Прессованный кирпичъ сильно обжигаютъ, подвергая его непосредственному дѣйствію пламени.

Приготовленный такимъ образомъ кирпичъ ничѣмъ не уступаетъ магнизитовому.

## II.

### Н а б о й к а.

Для устройства кислой набойки примѣняютъ песокъ двухъ сортовъ: а) бѣлый, и б) сѣрый и ганистеръ.

а) *Бѣлый песокъ* добывается обыкновенно на незначительной глубинѣ, разносомъ, ради дешевизны. Въ пластахъ его часто заключаются пропластки желтаго, или краснаго песка, которые необходимо удалить по ихъ легкоплавкости. По химическому составу хорошій, бѣлый песокъ почти чистый кремнеземъ (99,5%  $SiO_2$ ) съ незначительными примѣсями окиси желѣза (около 0,25%) и окиси кальція (0,25%).

Хорошимъ считаютъ такой песокъ, который представляетъ зерна приблизительно одинаковой величины, не слишкомъ крупныя, а главное, въ которомъ нѣтъ мелкаго ила, увеличивающаго легкоплавкость песка и способствующаго засоренію насадокъ. Мелкія частицы ила легко уносятся газами при ремонтірованіи набойки и, попадая на кирпичи насадокъ, содѣйствуютъ плавленію послѣднихъ, тѣмъ сокращаютъ продолжительность кампаніи печи. Этотъ же илъ, въ совокупности съ мелкими частицами шлага и стали, ошлаковываетъ воздушные и газовые каналы, на внутреннихъ стѣнкахъ которыхъ образуются натеки шлага, уменьшающіе поперечное сѣченіе каналовъ и затрудняющіе проходъ по нимъ газовъ. Всѣ вышеуказанныя поврежденія обуславливаютъ холодный ходъ печи и влекутъ за собою ремонтъ ея.

б) *Сѣрый песокъ* обыкновенно добывается съ рѣчного дна; онъ содержитъ не болѣе 70—80% кремнезема и 20—30% примѣсей, состоящихъ изъ окисей желѣза, кальція, магнезія, а иногда и щелочей. Зерно его гораздо крупнѣе бѣлаго песка, желтаго, или сѣраго цвѣта. Кромѣ того въ немъ много мелкихъ камешковъ, которые приходится удалять просѣиваніемъ черезъ нечастыя сита (около  $\frac{1}{8}$ " отверстіе). Сѣрый песокъ подмѣшиваютъ къ бѣлому для увеличенія его способности свариваться. Чѣмъ чище бѣлый песокъ и чѣмъ холоднѣе ходъ печи, тѣмъ больше сѣраго песка приходится прибавлять къ бѣлому. Въ среднемъ, на 5-ть частей бѣлаго песка берутъ одну часть сѣраго.

Выпускную раму набиваютъ смѣсью, называемою ганистеромъ, оста-

вляя въ набитомъ слоѣ отверстіе для выпуска стали (см. отд. III, гл. I): Ганистеръ примѣняется здѣсь съ тою цѣлью, чтобы въ случаѣ застыванія въ отверстіи стали, можно было проломать отверстіе рядомъ, выпустить плавку, удалить застывшую сталь и вновь набить отверстіе. При кирпичной кладкѣ это было бы невыполнимо. Ганистеръ готовятъ, смѣшивая одну часть, огнеупорной глины, измельченной въ порошокъ съ двумя частями толченаго, просѣяннаго черезъ частое сито, кварцеваго кирпича и съ четырьмя частями мелкаго, бѣлаго песка. Матеріалы эти тщательно перемѣшиваютъ въ сухомъ видѣ и слегка смачиваютъ водою до употребленія.

Для устройства основной набойки примѣняютъ: а) обожженный доломитъ, б) смѣсь обожженнаго доломита съ обезвоженною смолою, в) магнетитовый порошокъ и г) молотый хромистый желѣзнякъ.

а) Набойку основныхъ печей готовятъ у насъ, главнымъ образомъ изъ обожженнаго и размолага доломита. Химическій составъ доломита очень непостоянный. Для примѣра привожу анализы въ таблицѣ X различныхъ доломитовъ, на которыхъ работаютъ въ Западной Европѣ и въ Россіи \*).

Таблица X.

Мѣсторожденіе.	SiO <sub>2</sub> .	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	CaO.	MgO.	CO <sub>2</sub> .	Примѣчанія.
Мець . . . . .	3,20	0,21	1,79	35,65	15,28	43,18	
Гюлетонъ . . . . .	0,45	—	0,47	30,82	21,37	46,75	
Кивертонъ паркъ . . . . .	3,99	0,37	1,65	29,12	20,96	43,60	
Гревенахеръ . . . . .	1,20	2,00	—	29,00	20,00	47,00	
Беффортъ . . . . .	3,50	4,00	—	29,00	18,99	43,00	Сильно обжигается.
Варины . . . . .	4,10	3,00	1,70	28,30	18,60	44,20	"
Ресича . . . . .	1,54	—	1,28	29,4	17,64	48,56	"
Домброва . . . . .	2,00	1,30	3,20	31,00	16,00	45,40	"
Остр. Эзель . . . . .	0,93	—	2,05	30,56	21,32	45,12	
" " . . . . .	1,36	—	1,62	32,25	19,52	45,25	Бракуется.
Финляндія . . . . .	3,27	—	6,84	30,27	18,37	41,27	"

Чѣмъ обдѣне доломитъ окисью магнія, тѣмъ онъ легкоплавче и требуетъ тѣмъ болѣе тщательнаго обжига для примѣненія въ дѣло. Кромѣ состава доломита, на устойчивость набойки основной печи оказываетъ вліяніе температура газа, при которой была приготовлена набойка. Газъ, получаемый изъ каменнаго угля даетъ болѣе высокую температуру, чѣмъ изъ торфа или дровъ и требуетъ доломита съ высокимъ содержаніемъ окиси магнія, между тѣмъ какъ при газѣ, получаемомъ изъ дровъ, на-

\*) Заграничныя мѣсторожденія указаны въ журналѣ „Stahl und Eisen“ за 1893 г. № 3, стр. 104.

бойка основных печей выстаивает хорошо, хотя она приготовлена из доломита съ содержаніемъ окиси магнія около 10% \*).

Хорошо обожженный доломитъ съ поверхности чернаго цвѣта, а роговидный изломъ его сѣровато-бѣлаго; размолотый въ порошокъ онъ зеленовато-сѣраго цвѣта. Степень измельченности доломита не играетъ важной роли—какъ крупный, такъ и мелкій онъ почти одинаковъ при горячемъ ходѣ печи. При холодномъ ходѣ печи лучше примѣнять мелкій доломитъ, какъ приваривающійся легче крупнаго по своей дурной теплопроводности, но потеря отъ разсыпанія мелкаго доломита больше, чѣмъ крупнаго. Если печь очень плохо грѣетъ, такъ что доломитъ не сваривается, то къ нему примѣшиваютъ 5% чистаго бѣлаго песка; такая смѣсь гораздо легкоплавче чистаго доломита и хорошо приваривается даже въ старой печи (какъ сказано выше).

Переженный доломитъ снаружи и въ изломѣ чернаго цвѣта; онъ плохо сваривается, расходъ его вдвое больше и выстаиваетъ онъ лишь одну, двѣ плавки. Такой доломитъ отчасти ошлаковался при обжигѣ.

Недоженный доломитъ бѣловатаго цвѣта какъ снаружи, такъ и въ изломѣ, размолотый въ порошокъ онъ грязно-бѣлаго цвѣта, безъ зеленоватаго оттѣпка, свойственнаго хорошо обожженному доломиту. Для ремонта набойки онъ непригоденъ, такъ какъ не выстаиваетъ одной плавки. Недоженный доломитъ наряду съ совершенно сырымъ применяется для замѣшиванія ямъ въ набойкѣ. Въ послѣднее время для ремонта набойки примѣняютъ сырой, тонко размолотый доломитъ, но привариваютъ его очень тонкими слоями (около  $\frac{1}{4}$ " ) и гораздо дольше, чѣмъ обожженный доломитъ; при умѣломъ обращеніи онъ замѣняетъ вполне обожженный доломитъ.

Особенное вниманіе слѣдуетъ обращать на сортировку обожженнаго доломита; недоженный и переженный доломитъ слѣдуетъ удалять, а также куски несгорѣвшаго кокса, и подвергать размолу только одинъ хорошо обожженный доломитъ. Каждый кусокъ послѣдняго предварительно разбиваютъ молоткомъ, чтобы убѣдиться въ удовлетворительномъ обжигѣ его, какъ сваружл, такъ и въ середнѣхъ.

Для предохраненія набойки отъ ударовъ заваливаемыхъ матеріаловъ весь подъ до начала завалки покрываютъ слоемъ необожженнаго, размолага известняка, или необожженнаго доломита.

б) Какъ обожженный, такъ и сырой доломитъ смѣшиваютъ съ обезвоженою смолою для полученія мадеры, т. е. пластичной смѣси, применяемой для набиванія выпускной рамы, задѣлыванія отверстія и окна. Въ первыхъ двухъ случаяхъ применяется мадера перваго сорта, т. е.

\*) Брянскій заводъ, Орловской губ.

смѣсь обожженнаго доломита со смолою, а для задылыванія завалочнаго окна идетъ второй сортъ. т. е. смѣсь необожженнаго доломита со смолою.

с) Магнетитовый порошокъ въ смѣси со смолою примѣняется для набиванія пода и стѣтъ, для заполнения щелей между магнетитовыми кирпичами при выкладываніи ими пода, а также для набиванія откосовъ, въ которыхъ имѣются выемки между горизонтальными и вертикальными рядами кирпичей. Составъ магнетитоваго порошка, доставленнаго изъ Германіи въ Петербургъ въ 1889 г., былъ— слѣдующій:  $SiO_2$ —4,2—6,25%;  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ —1,5—8%;  $CaO$ —3,7—4,1%;  $MgO$ —63,4—51,08.

Порошокъ магнетитовый получаютъ или прямо съ заводовъ, приготавливающихъ магнетитовый кирпичъ, или приготавливаютъ его размолотъ старыхъ магнетитовыхъ кирпичей, бывшихъ въ дѣлѣ. Сравнивая магнетитъ съ доломитомъ, находимъ, что первый по своей негигроскопичности пригоденъ и для набиванія набойки на холоду, что доломитъ не можетъ долго сохраняться въ обожженномъ видѣ, не поглощая влажности, что при непостоянной работѣ на печи, онъ плохо перевозитъ измѣненія температуры и требуетъ постоянного ремонта, что онъ не можетъ находиться въ непосредственномъ соприкосновеніи съ кварцевымъ кирпичемъ, между тѣмъ какъ магнетитъ не имѣетъ этихъ всѣхъ недостатковъ. Хотя доломитъ дешевле магнетита, но расходъ его гораздо больше, такъ что примѣненіе магнетитовой набойки все таки дешевле, чѣмъ доломитовой. Важнѣйшее свойство \*) чистаго магнетита состоитъ въ томъ, что онъ почти не соединяется съ кремневою кислотою, но это свойство не относится къ глинозему, который поэтому долженъ быть тщательно избѣгаемъ. По этой причинѣ, для устройства свода на магнетитовыхъ стѣнахъ не могутъ быть примѣняемы кирпичи изъ шамота, а для пода—изъ огнеупорной глины. Сводъ слѣдуетъ строить изъ кварцеваго кирпича, а подъ можно изъ него же или лучше весь изъ магнетитоваго кирпича для достиженія равномерности расширенія при нагрѣваніи.

Нѣтъ сомнѣнія, что магнетитъ въ ближайшемъ будущемъ вытѣснитъ доломитъ изъ употребленія.

д) Хромистый желѣзнякъ, размолотый въ порошокъ и смѣшанный со смолою примѣняется, для отдѣленія кварцевыхъ кирпичей отъ магнетитовыхъ, а такъ же доломитовой набойки, въ верхнихъ частяхъ ея, отъ кварцеваго кирпича стѣнокъ печи. Чистый хромистый желѣзнякъ изъ Уральскихъ мѣсторожденій былъ слѣдующаго состава:

Воды и летучихъ веществъ 2,35%.

$SiO_2$ —19,52%;  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ —27,64%;  $Cr_2O_3$ —58,23%;

\*) По Веддингу.

# ОТДѢЛЪ ТРЕТІЙ.

## ПЕЧЬ СЪ КИСЛОЮ НАБОЙКОЮ.

### ГЛАВА ПЕРВАЯ.

#### Пускъ печи въ ходъ.

До пуска газа въ печь растопляютъ въ ней дрова, для просушиванія и подогрѣванія ея. Продолжительность подогрѣванія печи дровами зависитъ отъ времени года и отъ болѣе, или менѣе значительнаго ремонта, которому подвергалась печь. Такъ, въ лѣтнее время достаточно топить печь дровами въ теченіи 24—36 часовъ (при условіи, что ремонту подвергалось только плавильное пространство); зимою приходится топить двое-трое сутокъ, причемъ руководствуются тѣмъ признакомъ, чтобы наружныя стѣнки печи (въ которыхъ продѣланы каналы для газа и воздуха) были такъ нагрѣты, что рукою можно легко ощущать это нагрѣваніе. Чѣмъ большому ремонту подвергалась печь, тѣмъ дольше топить ее для лучшаго просушиванія. Вновь построенную печь приходится дольше всего топить, а именно: недѣли полторы.

При нагрѣваніи печи дровами должны быть закрыты воздушный и газовый клапаны, а тяга должна быть открыта, по возможности, для лучшаго прогрѣванія насадокъ. Здѣсь нѣтъ необходимости ослаблять болты на продольныхъ и поперечныхъ связяхъ свода по незначительному его расширенію.

Въ подогрѣтую, а главное, просушенную, печь пускаютъ газъ. Для этой цѣли растопляютъ точки генераторовъ (если они работаютъ на каменномъ углѣ) (см. От. I, гл. III), сначала дровами, а потомъ подбавляютъ каменнаго угля, который загорается и сначала даетъ много чернаго дыма; по мѣрѣ разгоранія угля, дымъ становится свѣтлѣе и въ немъ появляется по временамъ пламя; когда сплошное пламя покажется изъ засыпныхъ коробовъ (признакъ присутствія значительнаго содержанія



СО в газѣ), закрываютъ клапаны послѣднихъ, засыпаютъ въ нихъ уголь и запираютъ крышками, а спустя нѣсколько минутъ (3—5) отодвигаютъ задвижки въ столбахъ, отдѣляющія каждую топку отъ общаго канала въ столбѣ; черезъ образовавшіеся отверстія газъ проходитъ въ столбъ трубы, бакъ и люкъ, надъ которымъ поднимаютъ крышку, чтобы дать выходъ газу. Сначала изъ люка выдѣляется черно-бурый дымъ, въ которомъ постепенно замѣтенъ желтоватый оттѣнокъ; когда весь выдѣляющійся газъ приметъ свѣтло-желтоватый цвѣтъ, то это указываетъ на отсутствіе воздуха въ газопроводахъ и на пригодность такого газа для зажигания. Если въ струѣ такого газа держать нѣкоторое время руку, то на ней осаждаются мельчайшія капельки смолы и липнутъ между пальцами при растираніи. Въ это время закрываютъ крышку люка, обсыпаютъ ее пескомъ (чтобы газъ не проходилъ въ зазоры) и осторожно, понемногу, поднимаютъ газовый клапанъ; газъ переходитъ въ газовую коробку, аппаратъ, каналъ передъ камерами, газовую камеру, газовые вертикальные каналы и, наконецъ, поступаетъ въ печь, въ которой горящія дрова придвинуты къ той сторонѣ, откуда пойдетъ газъ (что указывается положеніемъ ручекъ перекидныхъ клапановъ). При открываніи газоваго клапана, воздушный долженъ быть закрытъ, а заслонка у вытяжной трубы поднята по возможности. Какъ только газъ загорится, прекращаютъ подниманіе газоваго клапана и немного поднимаютъ воздушный. Спустя нѣсколько минутъ (10—15 м.) послѣ пуска газа, увеличиваютъ притокъ его, а также и воздуха, наконецъ черезъ новыя 10—15 мин. вполнѣ открываютъ клапаны, чтобы въ печь проходило возможно больше газа и воздуха.

Горѣвшіе до пуска газа въ печи дрова должны въ ней остаться пока не сгорятъ; если ихъ удалить вскорѣ послѣ пуска, пока печь еще не нагрѣлась, то газъ можетъ потухнуть, что иногда бываетъ причиною его взрыва.

Операция пуска газа въ печь опасна, требуетъ крайней осторожности и навыка.

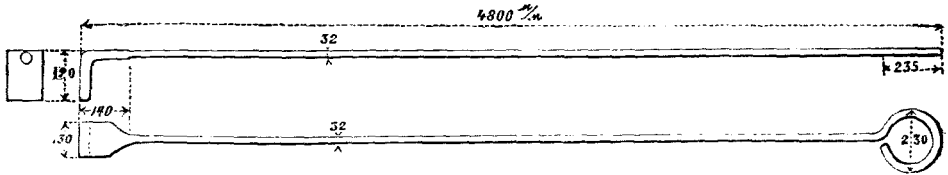
Часа два или три даютъ газу идти въ одну сторону печи, затѣмъ прекращаютъ притокъ газа и воздуха въ печь, переводятъ клапаны (т. е. измѣняютъ направленіе тока газовъ) и понемногу пускаютъ газъ, а затѣмъ воздухъ, какъ выше; предосторожности эти, необходимо соблюдать, потому что одна сторона печи остается еще совсѣмъ ненагрѣтой.

Отъ сгоранія газа разогрѣвается плавильное пространство печи и двѣ камеры регенераторовъ, а при переизмѣненіи направленія газовъ нагрѣваются и другія двѣ камеры, до высшей температуры, нежели первыя, потому что газъ и воздухъ, проходя черезъ подогрѣтыя камеры, нагрѣваются и, сгорая въ плавильномъ пространствѣ, даютъ болѣе высокую температуру, до которой нагрѣваются вторыя камеры; при новой переизмѣненіи

газовъ, первыя камеры нагрѣваются больше и такъ дальше, пока вся печь нагрѣется до высшей температуры (около 1,600° по шпретру Мезюрэ), выше которой кирпичи начинаютъ плавиться.

При разогрѣваніи печи, а въ особенности свода, послѣдній начинаетъ расширяться, что замѣтно по сжимающимся пружинамъ на продольныхъ и поперечныхъ связяхъ свода; какъ только пружины замѣтно сожмутся, тотчасъ же отвертываютъ удерживающіе ихъ болты, приводя такимъ обра-

Черт. 80.



зомъ пружины къ ихъ первоначальному положенію. Отпусканіе пружинъ продолжается дня три, пока печь вполне разогрѣется.

Въ новой печи прежде всего набиваютъ отверстіе ганнстеромъ\*). слѣдующимъ образомъ: съ наружной стороны печи закладываютъ отверстіе обрѣзками листовъ (въ  $\frac{1}{2}$ " толщиной), которые удерживаютъ на мѣстѣ посредствомъ деревянныхъ подпорокъ, а съ внутренней стороны печи бросаютъ въ отверстіе ганнстеръ лопатками и утрамбовываютъ его скребками (черт. 80), въ нѣсколько приемовъ до тѣхъ поръ, пока все отверстіе

Черт. 81.



заполнится до толщины стѣнокъ печи. Для набиванія всего отверстія новой печи нужно отъ 20 до 25 пудовъ ганнстера. Спустя 4—5 ч. листы съ наружной стороны печи снимаютъ и утрамбовываютъ ганнстеръ въ отверстіи раскаленными трамбовками (черт. 81).

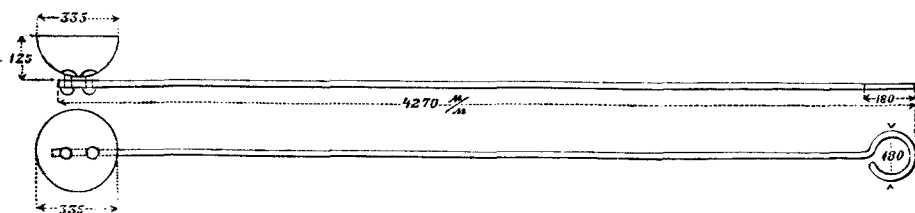
Просушваніе вновь набитого отверстія продолжается до 30 ч., затѣмъ его пробиваютъ домомъ, прогрѣваютъ недолго (1—2 часа) раскаленными ломомъ и оставляютъ незадѣланнымъ до начала завалки, чтобы

\*) Ганнстеромъ называютъ смѣсь изъ 1 части огнеупорной глины, 2 ч. толченого и просѣянаго, кварцеваго кирпича („divas“) и 4 ч. песку; смѣсь эту слегка смачиваютъ передъ началомъ набиванія отверстія.

сообразоваться съ его выходомъ при окончательномъ наведеніи набойки пода.

Когда окончатъ набиваніе отверстія, нагрѣваютъ печь и начинаютъ *наводить* набойку (т. е. сваривать песокъ) печи пескомъ, который предварительно просушиваютъ, просѣиваютъ черезъ крупныя сита (отверстіе около  $\frac{1}{8}$  дюйма) и смѣшиваютъ два сорта его: бѣлый (чистый съ содержаніемъ FeO ниже 0,25%) и сѣрый, обыкновенный рѣчной песокъ (бѣлаго берутъ  $\frac{5}{6}$ , а сѣраго  $\frac{1}{6}$  часть). Набойку печи начинаютъ наводить съ того мѣста, гдѣ оканчивается подъ и начинаются откосы. Это мѣсто кругомъ печи обсыпаютъ не толстымъ слоемъ песку (около 1"), привариваютъ его, нагрѣвая печь сильнѣе и черезъ  $\frac{1}{2}$  ч. наводятъ новый слой песку, бросая его немного выше того мѣста, гдѣ имѣется уже приваренный песокъ; при этомъ большая часть песку обсыпается внизъ по

Черт. 82.



откосу, увеличивая его толщину, а часть приваривается выше, увеличивая высоту набойки; такимъ образомъ наводятъ набойку по всей высотѣ откосовъ до желаемой толщины, которая по серединѣ высоты обыкновенно  $=\frac{1}{2}$  арш. Одновременно съ откосами наводятъ набойку пода, причемъ заботятся о равномерности наводимого заразъ слоя, разравнивая насыпанный на подъ песокъ плоскими кочергами, или большой ложкой (черт. 82), которой насыпаютъ песокъ въ тѣ точки пода, куда неудобно бросать его обыкновенными лопатками (съ деревянной ручкою). Слой песку, насыпанный сразу и привариваемый къ поду, не долженъ быть толще  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  дюйма, потому что болѣе толстый слой плохо приваривается. Такими тонкими слоями наводятъ набойку пода до уровня выпускнаго отверстія, придавая ей уклонъ къ послѣднему. Во время навариванія набойки отверстіе отчасти засыпается приварившимся пескомъ, его пробиваютъ ломомъ и, смотря по его выходу въ печь, окончательно наводятъ набойку пода, задѣлываютъ отверстіе смѣсью сгарокъ и песку (см. ниже гл. III), нагрѣваютъ печь и приступаютъ къ первой завалкѣ.

Прежде всего на новый подъ бросаютъ тачки двѣ шлаку (изъ кислыхъ печей), а затѣмъ заваливаютъ чугуномъ и сталью. Величина первой завалки равна половинѣ нормальной ея величины; послѣ двухъ, трехъ плавокъ ее

увеличиваютъ до  $\frac{3}{4}$  нормальной и, наконецъ, послѣ 6-7 плавокъ завариваютъ полную навѣску.

Если подъ печи старый, а это бываетъ послѣ каждаго ремонта насадокъ и столбовъ между каналами, или арокъ надъ ними, то, по мѣрѣ нагрѣванія печи, на поду начинаетъ собираться шлакъ. Если отверстие было выломано (для ремонта задней стѣнки), то его временно задѣлываютъ обыкновенной глиною и для разжиженія шлака бросаютъ въ печь окалину. Когда шлаку накопится много, его выпускаютъ изъ печи, пробивая отверстие ломомъ. Послѣ двухъ, трехъ выпусковъ шлака на поду показывается застывшая сталь, которая осталась на немъ отъ предыдущихъ плавокъ. Особенно много стали бываетъ у основаніи откосовъ и у выпускнаго отверстия; впрочемъ, она имѣется и по всему поду, какъ остатокъ отъ прежнихъ ямъ. Для удаленія ея кладутъ 15—30 пудовъ чугунонйо лопы (ради дешевизны), которая расплавляется и способствуетъ плавленію остывшей стали, какъ бы растворяя ее, а на самомъ дѣлѣ обогащаетъ ее углеродомъ и понижаетъ ея точку плавленія. Когда ванна закипитъ, пробиваютъ отверстие и выпускаютъ изъ печи сталь, которая идетъ въ скрапъ\*). Обыкновенно приходится нѣсколько разъ прибавлять чугунъ и выпускать сталь и шлакъ, чтобы совсѣмъ очистить подъ отъ настылей металла. Если на поду имѣются глубокія ямы, изъ которыхъ вся сталь не вытекла, то остатокъ ея перемѣшиваютъ съ пескомъ (см. ниже гл. IV), и выгребаютъ изъ печи. Очищенный отъ стали подъ наводятъ пескомъ, такъ же точно, какъ и новый, до уровня выпускнаго отверстия; больше всего приходится наводить откосы, которые сильно оплаковывали до погашенія печи, для удобства ремонта.

Если отверстие не было разломано, то его прочищаютъ и оставляютъ незадѣланнымъ до конца наведенія набойки пода, чтобы при этомъ сообразоваться съ его выходомъ внутрь печи.

Если отверстие было выломано, то его вновь набиваютъ, когда окончать наведеніе набойки пода, но чтобы выходъ его совпалъ съ нисшей точкою пода, отверстие набиваютъ *по дереву*. Для этой цѣли заготавливаютъ круглую, деревянную палку, діаметромъ въ 3", и длиною въ 5—6 футъ, вставляютъ ее въ отверстие печи такъ, чтобы одинъ конецъ проходилъ внутрь печи, на подъ, а другой оставался бы снаружы ея; за наружный конецъ придерживаютъ палку, чтобы онъ не измѣнялъ своего положенія въ серединѣ отверстия во время набиванія его.

Прежде всего изъ-внутри печи забрасываютъ ганистеромъ конецъ дерева для предохраненія отъ сгоранія, утрамбовываютъ ганистеръ скребкомъ, чтобы онъ плотнѣе присталъ къ задней стѣнкѣ и оставляютъ скре-

\*) Скрапомъ называютъ сталь, не палитую въ яложиницы.

бокъ въ печи во все время набиванія отверстія; затѣмъ съ наружной стороны печи бросаютъ въ отверстіе ганистеръ лопатками и утрамбовываютъ его сначала при помощи бревна и молота, а потомъ раскаленными трамбовками, продолжая попеременно забрасывать ганистеръ и трамбовать его до тѣхъ поръ, пока все отверстіе заполнится; тогда закладываютъ снаружи отверстіе обрѣзками листовъ, приготовленными заранее, и ставятъ деревянные подпорки для удержанія листовъ на мѣстѣ. При трамбованіи особенно стараются уплотнить слой ганистера въ нижнихъ частяхъ отверстія, около деревянной палки. Послѣ окончанія набиванія отверстія, печь нагрѣваютъ и окончательно поправляютъ набивку, а ганистеру въ отверстіи даютъ свариться въ теченіе 28—32 ч.; послѣ прошествія этого времени приступаютъ къ выжиганію дерева изъ отверстія, для чего на наружный конецъ его накладываютъ дрова и зажигаютъ ихъ. Когда наружная часть дерева сгоритъ, оставшуюся въ ганистерѣ часть выжигаютъ помощью раскаленныхъ ломовъ и, наконецъ, пробиваютъ отверстіе, просушиваютъ его раскаленными ломами, задѣлываютъ смѣсью сгарога и песку и приступаютъ къ первой завалкѣ, какъ сказано выше.

Если послѣ пробиванія отверстіе окажется выше пода, то послѣдній наводятъ пескомъ до его уровня.

## ГЛАВА ВТОРАЯ.

### Первая плавка.

Хотя до начала завалки печь сильно нагрѣваютъ, но подъ все-таки остается холоднымъ, во-первыхъ потому, что въ это время набойка пода еще недостаточно уплотнилась и, будучи составленной изъ дурнаго проводника тепла (песку), прогрѣлась только въ верхнихъ своихъ слояхъ, между тѣмъ какъ нисше—имѣютъ температуру значительно ниже; во-вторыхъ потому, что во время плавки въ печи развивается болѣе высокая температура отъ выгоранія примѣсей чугуна, способствующая большому нагрѣванію какъ самой печи, такъ въ особенности и пода ея; этимъ объясняется, что подъ нагрѣвается хорошо только послѣ первой плавки.

Кромѣ того, при первыхъ 3—4 плавкахъ особенно легко плавятся кирпичи, изъ которыхъ сложены столбы и арки каналовъ для воздуха и газа, а это обстоятельство не позволяетъ пускать въ печь много газа и воздуха. Эти обстоятельства вліяютъ на температуру стали, которая при первыхъ плавкахъ бываетъ всегда ниже нормальной. Сталь такой температуры обыкновенно подогрѣваютъ добавленіемъ, подъ конецъ плавки, гематитоваго чугуна, если печь въ полномъ ходу. Случается прибѣгать къ подогрѣванію гематитовымъ чугуномъ и при первой плавкѣ, хотя

этого стараются по возможности избѣгать, потому что добавленіе чугуна увеличиваетъ продолжительность плавки и печь при этомъ легче подожечь.

Большое неудобство первыхъ плавковъ состоитъ въ недостаткѣ шлага, вслѣдствіе чего сталь кипитъ «нечисто» (см. гл. VI) больше металла окисляется и увеличивается угаръ.

Въ виду этихъ условій первую плавку ведутъ особенно тщательно, соблюдая слѣдующія правила:

I) Заваливаютъ навѣску въ два, или три приема, каждый разъ прекращая заваливаніе, какъ только печь остынетъ, и вновь подогрѣвая ее; II) чтобы избѣжать продолжительнаго кипѣнія, которое увеличиваетъ возможность сгорания печи, для первыхъ плавковъ составляютъ шихту съ небольшимъ содержаніемъ чугуна (10 -- 25%); III) руды при первой плавкѣ вовсе не прибавляютъ въ ванну, но зато бросаютъ много окалины (тачки три-четыре), для увеличенія количества шлага, въ которомъ чувствуется всегда недостатокъ; IV) кончаютъ плавку по пробѣ болѣе твердой, чѣмъ обыкновенно; потому что добавочные матеріалы (гематитовый чугунъ и ферромарганецъ) приходится нагрѣвать значительно сильнѣе обыкновеннаго (въ виду холодной стали), что сопряжено съ большимъ угаромъ углерода и марганца при пережѣшиваніи стали; V) сильное нагрѣваніе добавочныхъ (особенно ферромарганца) въ связи съ низкой температурою стали часто является причиною роста стали въ изложницахъ; во избѣжаніе этого прибавляютъ вмѣстѣ съ ферромарганцемъ <sup>2</sup>/<sub>3</sub> до 1<sup>2</sup>/<sub>3</sub>% ферросилиція, который сообщаетъ холодной стали способность ровно застывать въ изложницахъ; VI) ковшъ долженъ быть нагрѣтъ возможно сильнѣе (при устанавливаніи запоровъ стаканы должны быть свѣтло-краснаго цвѣта); VII) сталь первыхъ плавковъ слѣдуетъ назначать на издѣлія, отъ которыхъ не требуется трудныхъ техническихъ условій испытаній (напр. рельсы), потому что такая сталь всегда менѣе плотна, чѣмъ послѣдующихъ плавковъ и *проба съ марганцемъ* (изъ подъ ковша), часто даетъ невѣрныя указанія.

Если помимо всѣхъ вышеуказанныхъ предосторожностей, сталь, при послѣдней до выпуска пробѣ, оказывается недостаточно горячею, то ее приходится подогрѣвать чугуномъ, для чего кладутъ на заволочныя окна печи 4—6% гематитоваго чугуна, сильно его подогрѣваютъ (однако же, не позволяя ему плавиться) и сталкиваютъ въ ванну, даютъ ему прокипеть и снова берутъ нѣсколько пробъ, пока сталь въ ваннѣ достигнетъ надлежащей твердости.

Отъ стали низкой температуры получается болѣе, или менѣе значительная настылъ въ ковшѣ, кромѣ того, новый подъ всегда поглощаетъ нѣкоторую часть стали; эти обстоятельства вмѣстѣ съ большимъ угаромъ уменьшаютъ выходъ количества годной стали изъ первой плавки прибли-

зительно на 10%, такъ, что если угаръ и скрапъ при обыкновенныхъ плавкахъ составляетъ 7%, то при первой плавкѣ онъ простирается до 17%.

Если подь печи старый, а ремонту подвергались только столбы и арки, то первая плавка не сопряжена съ такими затрудненіями, какъ при новомъ подѣ, потому что старый подь приходится ошлаковывать для удаленія застывшей на немъ стали, отъ чего онъ полнѣе прогревается.

Вотъ нѣкоторые условія правильного ухода за печью:

Какъ сказано выше, при первыхъ плавкахъ легко сплавляются кирпичи, изъ которыхъ сложена внутренняя часть печи. Хотя для этой цѣли примѣняется самый огнеупорный кварцевый кирпичъ («*Dinas*»), но онъ все-таки съ поверхности оплавляется, или покрывается глазурью. Послѣ оплавленія кирпичей печь уже не такъ легко поджечь, такъ что вся трудность задачи состоитъ въ сохраненіи печи до оплавленія кирпичей, т. е. первые 3—5 плавокъ; послѣ 15—20 плавокъ печь можно считать окончательно обдержанной. Избѣжать сжиганія печи (сплавленія кирпичей) можно единственно только своевременнымъ *перекидываніемъ* клапановъ (для перемѣны направленія тока газовъ); печь «*горитъ*» только въ той сторонѣ, куда направленъ токъ газовъ, а потому, если замѣтно сильное нагрѣваніе печи (по ярко бѣлому цвѣту ея черезъ синее стекло) въ какой нибудь сторонѣ, то газы слѣдуетъ направлять въ обратную сторону: кромѣ того, уменьшаютъ количество притекающаго газа и воздуха, если печь сильно нагрѣта, имѣя при этомъ въ виду предохранить, главнымъ образомъ, сводъ отъ сгорания. Спустя нѣкоторое время, когда печь немного остынетъ, можно опять прибавить количество газа и воздуха, если этого требуетъ положеніе плавки.

Особенно слѣдуетъ обращать вниманіе на количество воздуха, притекающаго въ печь, такъ какъ онъ, главнымъ образомъ, обуславливаетъ сгораніе ея.

Хотя нѣкоторые авторы полагаютъ, что температура газа выше, такъ какъ онъ поступаетъ въ регенераторъ съ температурой высшей, чѣмъ воздухъ, но на практикѣ скорѣе наблюдается обратное явленіе.

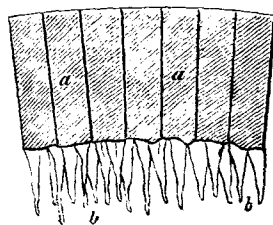
Легче всего горитъ порожняя печь, т. е. при нагрѣваніи, до завалки, а также подь конецъ плавки, особенно, если готовятъ очень мягкую сталь, потому что при этомъ плавка должна долго кипѣть, а во время кипѣнія температура стали и печи достигаетъ высшихъ предѣловъ.

Если случается поджечь печь при первыхъ плавкахъ, то чаще всего сгораютъ столбы и арки, горятъ также часто притолки у средняго окна, арка надъ нимъ и часть, или весь сводъ. Подоженное мѣсто печи замѣтно потому, что на кирпичахъ появляются трещины, края ихъ оплавляются и отскакиваютъ и, наконецъ, кирпичи выпадаютъ изъ своихъ

мѣсть. Если подоженъ сводъ, то на немъ иногда замѣтны настыли, похожія на сталагмиты пещеръ; они происходятъ отъ расплавленія кирпичей свода, которые начали стекать въ то время, какъ прекратили доступъ газа и воздуха, вслѣдствіе чего температура печи сразу сильно понизилась и стекающій кирпичъ застылъ въ формѣ, показанной на чер. 83, гдѣ а, а—кирпичи свода, б, б—настыли расплавленныхъ кирпичей.

Незначительно поврежденная печь обыкновенно работаетъ хорошо, но продолжительность кампаніи ея отъ этого сокращается. Подоженные столбы и притолки почти всегда стоятъ до конца кампаніи, если же арки надъ газовыми и воздушными каналами сожжены настолько, что первый рядъ кирпичей (*первое кольцо*) упалъ, то приходится остановить печь на 24—30 ч. и вывести вновь поврежденную арку, для чего необхо-

Чер. 83.



димо снять часть свода, расположеннаго непосредственно надъ ней. Если не возобновлять арки, то легко можетъ упасть часть свода. При сводахъ вышуклыхъ только по ширинѣ печи подоженные арки не вліяютъ на прочность свода.

Если сводъ такъ подоженъ, что половина кирпичей сгорѣла, то все таки онъ можетъ выдержать до двухъсотъ плавокъ; случается, что сводъ падаетъ и послѣ 10 плавокъ, если онъ былъ сильно подоженъ (до  $\frac{3}{4}$  кирпича).

Ниже описаны послѣдовательно всѣ работы на печи, при чемъ исходною точкою принять тотъ моментъ, когда изъ печи выпущена сталь.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### Выпускное отверстие.

Когда плавка выпущена изъ печи, то въ ней остается еще нѣкоторое количество шлака и стали, застаивающейся въ ямкахъ и углубленіяхъ, всегда имѣющихся на поду послѣ плавки. Во избѣжаніе увеличенія этихъ ямъ и дальнѣйшаго разъяденія набойки пода, остатки стали сгребаютъ



плоскою кочергою къ выпускному отверстію, черезъ которое они вытекаютъ изъ печи вмѣстѣ со шлакомъ, для разжиженія котораго предварительно бросаютъ къ отверстію лопатку окалины. Шлакъ быстро стываетъ въ отверстіи, удерживая въ немъ и сталь; чтобы избѣжать этого, отверстіе постоянно прочищаютъ крючками, или трамбовками. Если на поду имѣются болѣе глубокія ямы, то изъ нихъ удаляютъ сталь, выплескивая ее при помощи скребка. Для этой цѣли вводятъ въ печь скребокъ и ударяютъ имъ въ яму съ нѣкотораго размаху, отъ чего сталь разбрызгивается и стекаетъ къ выпускному отверстію, а изъ него удаляется трамбовками; когда въ ямѣ осталось немного стали, въ нее бросаютъ песокъ лопатками, стараясь попасть тогда, когда отъ удара скребка сталь разлилась по всей ямѣ, при чемъ она лучше перемѣшивается съ пескомъ, стываетъ въ видѣ отдѣльныхъ комковъ, слабо сдѣленныхъ между собою, и затѣмъ удаляется изъ ямы (см. гл. IV стр. 149).

Вытекающую черезъ отверстіе сталь необходимо удалить вполне, недопуская ея застыванія. Работу эту называютъ *сушеніемъ* отверстія и производятъ слѣдующимъ образомъ: съ наружной стороны печи вводятъ въ отверстіе трамбовку и быстро проводятъ ея взадъ и впередъ, одновременно бросаютъ въ отверстіе двѣ лопаты песку и одну-двѣ лопаты смѣси \*) старокъ и песку, а съ внутренней стороны печи въ тоже время бросаютъ на отверстіе полную лопату смѣси. Песокъ при движеніяхъ трамбовки перемѣшивается со сталью, образуя комки, которые выгребаются изъ отверстія наружу широкимъ концомъ трамбовки при движеніи ея назадъ, а старки при этомъ сгораютъ и не позволяютъ стали остывать тотчасъ же. Какъ только она оказалась у наружнаго выхода отверстія, такъ какъ въ этомъ мѣстѣ температура очень понижается свободнымъ доступомъ воздуха. Когда въ отверстіи не видно больше стали, оставляютъ въ немъ трамбовку такъ, чтобы широкій конецъ ея приходился приблизительно на серединѣ отверстія, а съ внутренней стороны печи бросаютъ на отверстіе полную лопату смѣси, которую утрамбовываютъ и придерживаютъ скребкомъ. послѣ чего трамбовку вынимаютъ изъ отверстія, бросаютъ въ него лопатку смѣси и утрамбовываютъ сначала руками, а потомъ ударами молота по концу трамбовки. Удары молота по трамбовкѣ чувствуетъ рабочій, придерживающій скребокъ по другую сторону печи, что служитъ указаніемъ прочной задѣлки отверстія.

Утрамбованную въ отверстіи смѣсь оставляютъ безъ прикрытія до тѣхъ поръ, пока она прогрѣется до красна, т. е. до конца заливанія

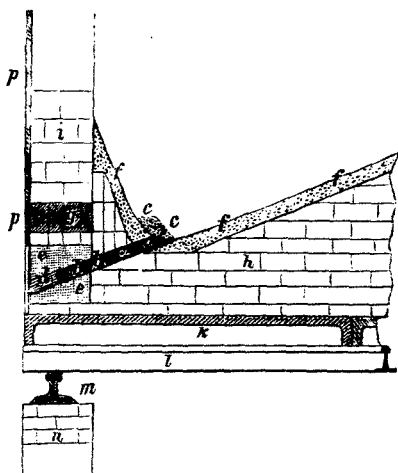
\*) Смѣсь эта составляется изъ 1 части песку и 3-хъ частей старокъ по объему. Если отверстіе въ печи окажется очень большимъ, то увеличиваютъ количество песку въ смѣси, наоборотъ, при маломъ отверстіи увеличиваютъ количество старокъ

въ печь матеріаловъ, послѣ чего въ отверстіе кладутъ слой глины, утрамбовываютъ его и покрываютъ сверху еще вторымъ слоемъ глины, который помѣщается на маленькомъ желобѣ и закрываетъ выходъ отверстія (чер. 84).

Случается, что при сушеніи отверстія застываетъ въ немъ трамбовка, приварившись широкимъ концомъ къ застывшей въ отверстіи стали. Чтобы удалить такую трамбовку, приходится разломать часть отверстія и выбить трамбовку при помощи зубила и молотка (см. гл. IX, стр. 176). Если при этомъ стержень трамбовки оторвется и широкая часть ея останется въ отверстіи, то приходится расширить послѣднее дѣйствіемъ зеркальнаго чугуна, который бросаютъ на заднюю стѣнку надъ самымъ отверстіемъ; когда зеркальный расплавится совершенно, вводятъ въ печь

Чер. 84.

- aa—внутренній слой смѣси.
- bb—наружный " "
- cc—слой песку, которымъ покрываютъ смѣсь.
- d—слой глины.
- ee—ганистеръ, въ которомъ продѣлано отверстіе.
- fff—песчанная набойка печи.
- g—арка задней стѣнки надъ отверстіемъ.
- h—кирпичная кладка (dinas) пода.
- i— " " задней стѣны
- k—чугунная доска пода, на которой расположена кладка.
- l—поперечн. рельсы {для поддержанія
- m—продольн. " {подовыхъ досокъ.
- n—кирпичный столбъ надъ сводами камеръ.
- pp—железная арматура.



толстый шомполь и ударяютъ имъ въ отверстіе; часто удается при этомъ выбить трамбовку наружу, потому что она держится теперь слабѣе, такъ какъ часть застывшей въ отверстія стали расплавилась въ зеркальномъ чугунѣ. Въ противномъ случаѣ ставятъ тупой ломъ съ наружной стороны печи и ударяютъ по концу его молотами, стараясь прогнать трамбовку въ печь. Если и это не удается, то приходится разломать отверстіе, вынуть трамбовку и набить его вновь *по дереву*.

Если отверстіе было нехорошо прочищено, такъ что въ немъ застыла сталь, то нельзя начинать заваливанія матеріаловъ прежде, чѣмъ отверстіе будетъ пробито и задѣлано какъ слѣдуетъ. Такъ какъ *замороженнаго* отверстія (въ которомъ застыла сталь) нельзя пробить доможь, то его задѣлываютъ старками и глиною, печь нагреваютъ и бросаютъ въ нее нѣсколько пудовъ (10—20) чугуна; когда послѣдній закипитъ, на

отверстіе въ печь бросаютъ куски зеркальнаго чугуна. Сталь въ отверстіи при этомъ плавится; она или совсѣмъ разлѣдается и вытекаетъ сама изъ печи, или приходится пробить отверстие ломомъ, чтобы выпустить накопившіеся въ печи шлакъ и сталь. Послѣдняя расплавляетъ всю настывшую въ отверстіи старую сталь, такъ что его легко прочистить и задрать, какъ обыкновенно.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### Ремонтъ набойки пода.

Когда отверстие задрано, поправляютъ набойку пода и откосовъ. Такъ какъ процессъ обезуглероживанія чугуна происходитъ въ плоскости соприкосновенія стали со шлакомъ, а плоскость эта совпадаетъ приблизительно съ серединою откосовъ печи, то набойка откосовъ сильнѣе всего разлѣдается во время плавки и должна быть отремонтирована послѣ каждого выпуска стали.

Какъ только задраютъ отверстие, тотчасъ же приступаютъ къ ремонту набойки откосовъ; для чего запираютъ воздушный и газовый клапаны и бросаютъ лопатками песокъ на откосы задней и боковыхъ стѣнокъ, наблюдая при этомъ, чтобы лопатки песку падали одна возлѣ другой, образуя сплошное кольцо вокругъ печи.

Откосы передней стѣнки и углы, между поперечными стѣнками и передней, поправляютъ насыпая песокъ на откосы большою ложкою, за движеніями которой слѣдитъ рабочій въ окно, помѣщающееся на выпускной, или задней сторонѣ печи, потому что эти части печи невидны съ передней стороны ея.

Во все время ремонта набойки печи прекращаютъ притокъ газа и воздуха въ печь, во-первыхъ потому, чтобы удобнѣе было наблюдать за ходомъ работы, а во-вторыхъ, что токъ газовъ увлекаетъ вмѣстѣ съ собою мелкій песокъ и засоряетъ имъ насадки регенераторовъ, которыя отъ этого легко сплавляются и становятся негодными для исправной работы печи. Хотя на старой печи, при недостаткѣ газа, чаще всего не прекращаютъ притока его и воздуха на время ремонта набойки, чтобы не охлаждать печи, такъ какъ ее впоследствии трудно бываетъ нагрѣть, но на новой печи слѣдуетъ непременно запереть газъ, во избѣжаніе быстрого изнашиванія насадокъ.

Когда откосы поправлены приступаютъ къ ремонту пода, который иногда оказывается вполне исправнымъ, такъ что никакого ремонта не требуетъ. Но часто на поду оказываются болѣе или менѣе глубокія ямы.

Если ямы незначительны, то изъ нихъ выплескиваютъ сталь, какъ сказано выше (гл. III), еще до задымыванія отверстия. Большія ямы *замѣшиваютъ* нескотъ слѣдующимъ образомъ: въ печь вводятъ скребокъ и ударяютъ имъ съ размаху въ сталь, заключающуюся въ ямѣ, одновременно бросаютъ лопатками песокъ подъ самый скребокъ; разбрызгивающаяся отъ ударовъ скребка сталь перемѣшивается съ пескомъ, стынеть и образуетъ комья, болѣе или менѣе значительные, которые затѣмъ вытаскиваютъ на болѣе высокое мѣсто пода; такимъ образомъ продолжаютъ работать, пока въ ямѣ не будетъ больше жидкой стали. Во время замѣшиванія скребокъ быстро нагрѣвается и къ концу его приваривается сталь, что увеличиваетъ его вѣсъ и затрудняетъ работу; такой скребокъ вынимаютъ, тотчасъ же обрубаятъ зубиломъ пристывшую къ нему сталь, а на его мѣсто вводятъ въ печь новый.

Изъ высушенной ямы выгребаютъ всѣ комья застывшей стали и поправляютъ ее въ нѣсколько пріемовъ, каждый разъ насыпая большой ложкою тонкій слой песку (до  $\frac{1}{2}$ ) и приваривая его нагрѣваніемъ печи до высшей температуры. Вынутую изъ ямы сталь, или вытаскиваютъ изъ печи, или разравниваютъ по всему поду, а въ особенности помѣщаютъ ее на вновь наведенное мѣсто пода (т. е., гдѣ была яма), отъ чего послѣднее лучше сваривается, потому что сталь окисляется и образуетъ съ пескомъ шлакъ, который способствуетъ лучшему свариванію набойки въ поправленномъ мѣстѣ.

Если на поду образуется очень большая яма, или нѣсколько значительныхъ ямъ, то замѣшиванія пригнѣнить нельзя, потому что часть стали остынетъ, не будучи замѣшанной. Въ такихъ случаяхъ приходится оплаковать (*травить*) часть набойки пода, чтобы сталь изъ ямъ могла стечь къ выпускному отверстию. Съ этою цѣлью нагрѣваютъ печь, бросаютъ на подъ окалину, которая шлакуетъ набойку пода, понижаетъ ее и сталь стекаетъ къ выпускному отверстию, послѣднее пробиваютъ, спустя нѣкоторое время (1—1½ ч.) и выпускаютъ накопившіяся шлакъ вмѣстѣ со сталью; обыкновенно бываетъ достаточно одинъ разъ выпустить шлакъ, а если послѣ этого небольшая часть стали осталась въ ямѣ, то ее замѣшиваютъ, какъ сказано выше. Но случается, что яма очень глубока и значительная часть стали въ ней остается, тогда приходится вновь задымлять отверстие, вторично шлаковать набойку пода, чтобы ее еще болѣе понизить и выпускать шлакъ второй, а иногда и третій разъ.

Когда на поду не останется стали, его наводятъ пескомъ до прежняго уровня, хорошо выравниваютъ слой вновь навареннаго песка, сильно нагрѣвая печь и заваливаютъ новую навѣску. Въ новой печи песокъ приваривается скоро и хорошо, но въ старой (давно отремонтированной) онъ приваривается гораздо труднѣе, такъ что вновь наведенное мѣсто необхо-

димо всегда попробовать кочергою, достаточно ли оно твердо, и если песокъ въ этомъ мѣстѣ расходится подь кочергою, то нужно дальше нагрѣвать печь, до тѣхъ поръ, пока кочерга при ударѣ не перестанетъ оставлять слѣда на поверхности набойки.

Если большая часть пода наведена ввовь, то полезно уменьшить продолжительность хода плавки, для чего или уменьшаютъ величину завалки, или увеличиваютъ въ ней процентное содержаніе стали.

Часто на поду, послѣ плавки, появляются неровности въ видѣ бугровъ; чтобы не терять времени на шлакованіе пода и выпускъ шлака, уничтожаютъ эти бугры, насыпая на нихъ окалины, когда печь нагрѣта для завалки и тотчасъ-же заваливаютъ чугуномъ. Окалина плавится скорѣе, нежели заваленный матеріалъ и разбиваетъ возвышенія пода, такъ какъ ей мѣшаетъ стекать въ другое мѣсто тотъ-же нерасплавленный матеріалъ.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

### Нагрѣваніе печи и завалка.

Поправленную печь \*) нагрѣваютъ, пуская въ нее по возможности больше газа и воздуха. Такъ какъ во время ремонта набойки печи регенераторы остыли, то газъ и воздухъ нагрѣваются въ нихъ незначительно, что ясно замѣтно по цвѣту горящаго газа, который черезъ синее стекло кажется темно-краснымъ. Черезъ  $\frac{1}{4}$  часа переменяютъ направление тока газовъ, переводя съ помощью ручекъ клапана воздушнаго и газоваго аппаратовъ (см. Отд. I, гл. I). Сначала переводятъ газовый клапанъ, а потомъ воздушный; послѣдній переводятъ медленно, во избѣжаніе встрѣчи несгорѣвшаго газа съ воздухомъ въ регенераторахъ, что можетъ быть причиною взрыва; впрочемъ, во время хода плавки взрывъ составляетъ крайне рѣдкое явленіе, если не принимать во вниманіе тѣхъ незначительныхъ вспышекъ газа, которыя бывають почти при каждой плавкѣ, подь конецъ ея, когда температура печи доведена до высшаго предѣла и клапаны переводятъ уже не ради нагрѣванія печи, а во избѣжаніе плавленія кирпича. Если въ газовый аппаратъ проникаетъ воздухъ по щелямъ между составными частями его, то при переводѣ клапановъ происходитъ воспламененіе смолы, всегда собирающейся въ газовомъ аппаратѣ; отъ смолы загорается газъ и часть его теряется по-

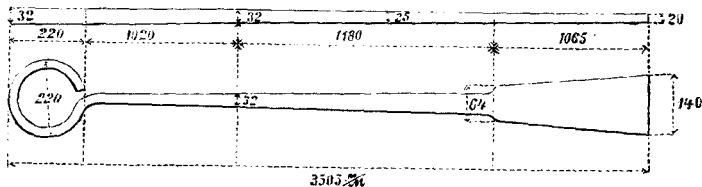
\*) Такъ называютъ печь, набойка которой ремонтирована послѣ послѣдней плавки.

напрасну. Такое пламя тушить очень просто, а именно: замазывают глиною щели, въ которыя попадетъ воздухъ, и пламя само собою погасаетъ, такъ какъ прекращенъ доступъ воздуха, поддерживающаго горѣніе.

Послѣ перваго перевода клапановъ, цвѣтъ газа становится замѣтно свѣтлѣе, но все еще съ краснымъ отблѣскомъ, а послѣ второго, или третьяго перевода газъ принимаетъ нормальный бѣлый цвѣтъ; къ этому времени и вся внутренность печи становится свѣтлѣе и когда она, наконецъ, станетъ чисто бѣлою, то печь достаточно нагрѣта; тогда приступаютъ къ заваливанію навѣски.

Подъ конецъ нагрѣванія необходимо особенно внимательно слѣдить за печью, потому что въ это время она легче всего *горитъ*, какъ было указано выше (гл. II).

Чер. 85.



Навѣска, предназначенная для заваливанія, состоитъ изъ чугуна и стали, рѣже желѣза; кромѣ того въ нее прибавляютъ руду—красный желѣзнякъ. Сталь бываетъ въ различномъ видѣ, а именно: обрѣзки рельсовъ, балокъ, фасонной стали (швеллера, угольники, тавробимсы, углобимсы, зеты и т. д.), листовъ, мелкой сортовой стали, стружки, легковѣсныя болванки, настыли изъ ковшей и изъ шлаковой ямы (такъ называемый стальной скрапъ), старые рельсы, бандажи и прочая стальная ломъ и, наконецъ, сталь забракованныхъ плавокъ.

Чугунъ большею частью имѣетъ видъ *свинокъ*, т. е. слитковъ, получаемыхъ при вышукѣ его изъ доменныхъ печей, но часто идетъ въ завалку чугунная ломъ: части старыхъ машинъ, прокатныхъ валковъ, старыхъ пушекъ, изложницъ и проч.

Руда желѣзная (красный желѣзнякъ) имѣетъ видъ болѣе или менѣе крупныхъ кусковъ, или же рудной мелочи; послѣдняя неудобна для добавленій во время плавки, такъ какъ большая часть ея шлакуется на поверхности ванны, не производя окислительнаго дѣйствія на примѣси чугуна.

Сначала заваливаютъ въ печь чугунъ, для чего передъ завалочнымъ окномъ кладутъ на особые подвѣсныя крючки (см. отд. II, гл. I). круглый желѣзный стержень въ  $2\frac{1}{2}$ " диаметромъ, называемый *роликкомъ*; на него кладутъ широкій конецъ *лопаты* (чер. 85), смазавъ нижнюю

сторону ея саломъ, а другой конецъ, въ формѣ ушка, рабочій держитъ въ рукахъ; на широкій конецъ кладутъ свинку чугуна, поднимаютъ крышку и вдвигаютъ лопату подальше въ печь, наклоняютъ лопату немного на сторону, вслѣдствіе чего свинка чугуна надаетъ на подъ печи. Пре началъ завалки лопату вводятъ такъ далеко въ печь, чтобы упавшая съ ней свинка попала въ нисшее мѣсто пода, около откоса задней стѣнки, а когда эта часть печи заполнится чугуномъ, то его заваливаютъ ближе къ передней стѣнкѣ и боковымъ откосамъ; такимъ образомъ весь подъ постепенно покрывается чугуномъ; когда завалить приблизительно половину всего количества чугуна, приступаютъ къ заваливанію желѣзной руды, крупныя куски которой вводятъ въ печь лопатою, какъ и чугунъ, а мелкую—обыкновенными лопатками, съ деревянною ручкою и широкой желѣзною лопастью. Послѣ руды заваливаютъ остальной чугуномъ. Желѣзную руду забрасываютъ вмѣстѣ съ чугуномъ въ томъ предположеніи, что при плавленіи послѣдняго углеродъ восстанавливаетъ часть ея желѣза, которое переходитъ въ сталь \*). увеличивая выходъ плавки, или уменьшая угаръ. Ни внизъ, ни наверхъ завалки руды не слѣдуетъ заваливать, потому что при этомъ освобождающійся, при переходѣ окиси желѣза въ закись, одинъ пай кислорода выдѣляется еще до расплавленія чугуна, не оказывая почти никакого окислительнаго дѣйствія на его примѣси, а получающаяся закись желѣза шлакуетъ набойку печи, разѣдаетъ ее и напрасно увеличиваетъ количество шлака. Если же руда разлагается въ жидкой ваннѣ, то получающаяся кремневая кислота отъ дѣйствія руды на кремній чугуна и закись желѣза руды взаимно насыщаются, не повреждая набойки печи.

Когда въ среднее окно уже неудобно заваливать, по причинѣ накопленія передъ нимъ матеріала, то заваливаютъ черезъ маленькія, крайнія окна, соблюдая при этомъ условіе—заваливать въ то изъ оконъ, къ которому направлена струя газовъ.

Послѣ чугуна заваливаютъ сталь такимъ же образомъ, какъ и чугунъ, т. е. куски рельсовъ, балокъ и пр. кладутъ по длинѣ на лопатку и, вводя въ печь, сбрасываютъ на слой чугуна, заваленный раньше; стальную стружку, мелочь, а также и мелкій скрапъ бросаютъ въ печь обыкновенными лопатками. Длинные обрѣзки тонкихъ листовъ по ихъ длинѣ и легкости, неудобно и мѣшкотно заваливать лопатками; ихъ бросаютъ въ печь руками слѣдующимъ образомъ: рабочій беретъ нѣсколько обрѣзковъ, приблизительно равной длины, подходитъ къ печи немного сбоку отъ средняго окна и бросаетъ обрѣзки въ окно печи подъ угломъ къ длинной оси ея, между тѣмъ какъ заваливаніе лопатою происходитъ по перпендикулярному направленію къ этой же оси, какъ въ среднее, такъ и въ боковыя окна.

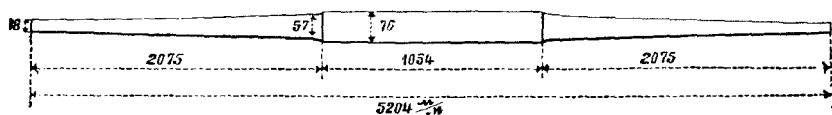
\*) См. ниже, глава XX.

Когда въ печи соберется много матеріала и вновь заваливаемый приходится бросать высоко, подь самый сводъ печи, то прекращаютъ заваливаніе, закрываютъ крышку и нагрѣваютъ печь нѣкоторое время, при чемъ матеріалы въ печи плавятся и уровень ихъ опускается, такъ что послѣ получасоваго (приблизительно) нагрѣванія приступаютъ къ окончанію завалки.

Если печь стара, то во время заваливанія она быстро стынеть и послѣднее приходится прерывать нѣсколько разъ, чтобы подогрѣть печь, хотя въ ней еще много мѣста для завалки.

Если между матеріалами, предназначенными для заваливанія, находятся большіе, тяжелые предметы, какъ то: болванки стали (забракованныя), старыя изложницы, большія настыли, крупныя куски прокатныхъ валковъ, старыхъ пущекъ и т. п., то ихъ заваливаютъ въ печь слѣдую-

Чер. 86.



щимъ образомъ: передь окномъ печи, на полу, кладутъ одинъ или два лома (чер. 86), смотря по величинѣ заваливаемого предмета, располагаютъ ихъ параллельно длинной оси печи, на нихъ кладутъ широкій конецъ большой лопаты (длиною до 6 метровъ), на который помѣщаютъ заваливаемый предметъ, подпирая его полѣнами такъ, чтобы онъ былъ въ равновѣсїи; затѣмъ по концамъ ломовъ становятся рабочіе, отъ 4 до 10 и 12 человекъ у каждаго конца, а ушко лопаты держатъ двое, или трое рабочихъ, такъ что въ завалкѣ участвуетъ отъ 10 до 50 человекъ; они дружно поднимаютъ ломы, а вмѣстѣ съ ними лопату и лежащій на ней предметъ, подходятъ къ печи (при закрытой крышкѣ) и помѣщаютъ широкій конецъ лопаты на толстый роликъ, ломы уносятъ прочь, поддерживаютъ заваливаемый предметъ съ обѣихъ сторонъ кочергами, поднимаютъ крышку, вдвигаютъ въ печь лопату, сваливаютъ предметъ и поворачиваютъ его такъ, чтобы онъ не мѣшалъ дальнѣйшей завалкѣ и чтобы, при плавленіи его, часть стали не стекала на порогъ печи, что всегда бываетъ, если предметъ расположится близко къ порогу.

До начала заваливанія печь нагрѣваютъ до бѣла, какъ было сказано выше, во время заваливанія она постепенно стынеть, такъ какъ при подъемѣ крышки много наружнаго воздуха проникаетъ въ печь и охлаждаетъ насадки регенераторовъ. Остываніе печи замѣтно по цвѣту глаза, который становится все краснѣе и краснѣе и, наконецъ, дѣлается темно-



краснымъ, однакожь безъ черноватаго оттѣнка, который имѣетъ *сырой* газъ (т. е. газъ только что пущенный въ холодную печь изъ расплавленныхъ генераторовъ). Когда прерываютъ заваливаніе для расплавленія части матеріала, печь немного разогрѣвается, но цвѣтъ газа все таки остается еще краснымъ; бѣлый цвѣтъ газа начинается только послѣ расплавленія почти всего заваленнаго въ печь металла.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### Х о д ъ п л а в к и.

Послѣ окончанія заваливанія печь постепенно разогрѣвается; въ это время пускаютъ по возможности больше газа и воздуха, такъ какъ нечего опасаться сторанія печи, которая во время заваливанія сильно остыла; только когда цвѣтъ газа начинаетъ подходить къ бѣлому, притокъ его уменьшаютъ, регулируя такъ, чтобы немного газа проходило наружу печи въ зазоры между крышкою и печью.

Смотря по величинѣ завалки и по горячему, или холодному ходу печи (т. е. новая, или старая печь), заваленные матеріалы плавятся болѣе или менѣе скоро, такъ что періодъ плавленія продолжается отъ 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> до 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ч. Въ среднемъ, при завалкѣ въ 10 тоннъ и исправной работѣ печи, время плавленія продолжается около 3 часовъ.

Скорѣе плавятся матеріалы въ той сторонѣ печи, отъ которой направляется струя газовъ, долѣе всего остается нерасплавленный матеріалъ у окна печи, особенно, если она стара, потому что въ такую печь почти всегда поступаетъ мало газа, что влечетъ за собою затягиваніе наружнаго воздуха въ печь черезъ зазоры крышки и охлажденіе передней части ея. Впрочемъ, нѣкоторое количество наружнаго воздуха всегда попадаетъ въ печь въ нижніе зазоры крышки, хотя въ верхнихъ зазорахъ замѣтно выбиваніе пламени газа, что обуславливается сильною тягою мартеновскихъ печей.

Когда остатки матеріала расплавятся, то пробуютъ кочергою, нѣтъ ли еще нерасплавленнаго металла въ какомъ либо мѣстѣ ванны и, для уравненія температуры, перемѣшиваютъ ее кочергою, причѣмъ нижніе слои расплавленнаго металла, болѣе холодные, перемѣшиваются съ верхними—болѣе горячими.

Послѣ расплавленія и перемѣшиванія металла бросаютъ въ печь лопатки двѣ-три руды (1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—2 пудовъ краснаго желѣзняка) для ускоренія закипанія ванны. Руда разлагается по реакціи:  $Fe_2 O_3 = 2 FeO + O$ ; выходящійся при этомъ кислородъ окисляетъ углеродъ, кремній и марга-

нецъ чугуна. Окисленіе этихъ элементовъ сопровождается выдѣленіемъ тепла (см. конецъ главы), которое расходуется на повышеніе температуры ванны и усиливаетъ окислительное дѣйствіе шлака, отъ котораго зависитъ кипѣніе (см. ниже), такъ что спустя нѣкоторое время послѣ перваго прибавленія *незначительнаго* количества руды—ванна закипаетъ.

Въ зависимости отъ хода печи ванна закипаетъ черезъ 20—40 м. послѣ расплавленія, а въ старой печи черезъ 1 ч.; иногда, при плохой тягѣ \*), періодъ этотъ длится до 3-хъ часовъ, что, впрочемъ, прямо указываетъ на необходимость погашенія и ремонтрованія печи.

Кипѣніе начинается съ появленія на поверхности расплавленнаго металла небольшихъ пузырей краснаго цвѣта, густыхъ на видѣ. По мѣрѣ разогрѣванія металла въ ваннѣ кипѣніе усиливается, а такъ какъ въ это время шлакъ еще очень густъ, то онъ пучится, поднимаясь вверху и иногда доходя до уровня каналовъ (газовыхъ и воздушныхъ).

Вспучиваніе шлака называется *пѣною*; тѣмъ дольше пѣнится ванна; въ новой печи (пущенной въ ходъ послѣ ремонта) пѣна держится около 10 мин., переходя затѣмъ въ чистое кипѣніе. Ванна пѣнится и во время самаго сильнаго кипѣнія, если въ печь бросить сразу много руды (лопачь 6—10), вслѣдствіе чего температура ванны понижается значительно и шлакъ густѣетъ. Пѣна смѣняется *чистымъ кипѣніемъ*, которое характеризуется появленіемъ средней величины пузырей, равномерно распределенныхъ по всей поверхности ванны. причемъ исчезающій пузырь тотчасъ же смѣняется вновь появляющимся; цвѣтъ пузырей по всей поверхности ванны остается краснымъ.

Средній, красный пузырь смѣняется большимъ, краснымъ же пузыремъ, приблизительно черезъ 1 часъ послѣ расплавленія при горячемъ ходѣ печи и черезъ 2—2½ ч. при холодномъ ходѣ. Въ это время бросаютъ въ печь нѣсколько лопачь руды въ видѣ крупныхъ кусковъ, которая ускоряетъ кипѣніе, окисляя примѣси чугуна по реакціямъ:

- I)  $Fe^2 O_3 + C = 2 FeO + CO$ ;
- II)  $2 Fe_2 O_3 + Si = 4 FeO + Si O_2$ ;
- III)  $Fe_2 O_3 + Mn = 2 FeO + MnO$ .

Вторая и третья реакціи сопровождаются значительнымъ выдѣленіемъ тепла, а потому возвышаютъ температуру ванны, первая же не возвы-

\*) Если очень старую печь (къ концу ея кампаніи), оставить сутки, или двое на легкомъ газу, что имѣетъ мѣсто во время перерыва работъ въ праздничные дни, то вслѣдствіе остыванія ея, а также засоренія каналовъ и насадокъ, является недостатокъ въ тягѣ, обуславливающій недостаточно высокую температуру печи. При этихъ условіяхъ плавка особенно долго не закипаетъ, хотя до начала завалки печь была хорошо нагрѣта.

*Поставить печь на легкий газъ*—значитъ уменьшать значительно притокъ воздуха или газа въ теченіе нѣкотораго промежутка времени, напр., сутки, или двое.

шаетъ температуры (или, по крайней мѣрѣ, возвышаетъ ее незначительно), такъ какъ даетъ летучій продуктъ—СО, который выдѣляется изъ ванны, унося съ собою значительный запасъ теплоты по своей значительной теплоемкости при высокихъ температурахъ. Этимъ объясняется сильно охлаждающее дѣйствіе руды на ванну подъ конецъ плавки, когда кремній и марганецъ выдѣлились уже вполне, а остался почти одинъ углеродъ. Хотя прибавленіе руды какъ холоднаго тѣла, всегда понижаетъ температуру ванны, но при сильномъ кипѣніи ея (когда еще не весь кремній и марганецъ выдѣлились) сталь быстро нагревается до высшей температуры (около 1.500°) на счетъ теплоты, выдѣляющейся при двухъ послѣднихъ реакціяхъ. Такъ что вслѣдъ за первымъ прибавленіемъ руды дѣлаютъ второе, третье и т. д., каждый разъ позволяя рудѣ прокипеть до конца, т. е. разложиться вполне. Неперекипѣвшую руду замѣтно на поверхности ванны, которая въ томъ мѣстѣ, гдѣ плаваютъ куски руды, *кипитъ ключемъ*. Чѣмъ холоднѣе идетъ печь, тѣмъ меньше руды слѣдуетъ прибавлять въ ванну, потому что при холодномъ ходѣ печи, температура стали недостаточно высока и безъ охлаждения рудю. При горячемъ ходѣ печи, прибавленіе руды сокращаетъ продолжительность плавки на  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  всего времени, необходимаго для ея окончанія безъ прибавленія руды. Смотря по ходу печи, количество руды, прибавляемой во время кипѣнія, колеблется между 2 и 10%.

Чѣмъ больше процентное содержаніе чугуна въ завалкѣ, тѣмъ больше приходится прибавлять руды; при *мягкой* завалкѣ (съ малымъ процентнымъ содержаніемъ чугуна) руды прибавляютъ очень мало (около 2%), чтобы не сокращать и безъ того непродолжительный періодъ кипѣнія ванны, во время котораго сталь нагревается до температуры, необходимой для ея разлитія.

Прибавленіе значительнаго количества руды (12—15%) хотя и уменьшаетъ продолжительность плавки, но имѣетъ и свои вредныя послѣдствія, а именно: сталь поглощаетъ при этомъ много газовъ, растворяющихся въ ней и выдѣляющихся при остываніи, что благоприятствуетъ образованію усадочныхъ раковинъ. Послѣднія вліяютъ на большое количество бракованныхъ издѣлій при прокаткѣ и проковкѣ стали. Поэтому, если нужно приготовить особенно плотную сталь, то необходимо ограничить количество прибавляемой руды до 3—5%.

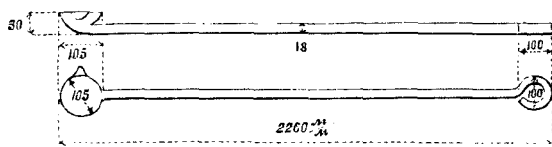
Одновременно съ рудю бросаютъ въ печь окалину для разжиженія шлака, такъ какъ окалина дѣлаетъ шлакъ менѣе кислымъ, а слѣдовательно, болѣе легкоплавкимъ, т. е. жидкимъ. Въ такомъ шлакѣ легче происходитъ циркуляція частицъ его между поверхностью стали и ванны, при чемъ окисныя соединенія шлака восстанавливаются примѣсами чугуна въ соединенія отъ закиси, которая всплываетъ на поверхность ванны и

снова переходить въ окиси подѣ вліяніемъ кислорода горючихъ газовъ, затѣмъ опускаются внизъ и въ соприкосновеніи со сталью снова переходятъ въ закиси и т. д.

Возвратимся къ кипящей ваннѣ:

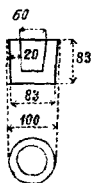
Большой, красный пузырь сѣняется бѣлымъ, что указываетъ на повышение температуры ванны, вызванное процессомъ окисленія примѣсей чугуна; бѣлый пузырь появляется черезъ 1—2 час. послѣ появленія красного, средняго пузыря; онъ постепенно увеличивается и становится больше

Чер. 87.

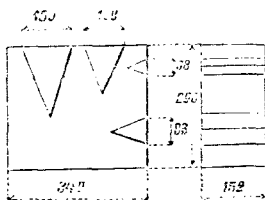


всѣхъ предыдущихъ видовъ пузырей. Спустя нѣкоторое время (около  $\frac{1}{4}$ —1 ч.) послѣ появленія большого, бѣлаго пузыря начинается болѣе тихое кипѣніе, указывающее на конецъ плавки. Въ это время берутъ пробу металла изъ ванны, для чего ее перемѣшиваютъ кочергой и зачерпываютъ ложкою (чер. 87) немного металла; при этомъ ложку сначала погружаютъ нѣсколько разъ въ одинъ шлакъ, чтобы послѣдній покрылъ всю ее поверхность, иначе при соприкосновеніи чистой ложки съ расплавлен-

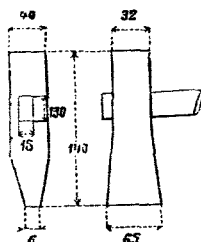
Чер. 88.



Чер. 89.



Чер. 90.



номъ металломъ, она плавится и становится негодною къ употребленію. Зачерпнутый ложкою металлъ выливаютъ въ небольшой чугунный стаканъ (чер. 88), даютъ немного остыть, выбиваютъ изъ стакана, захватываютъ клещами и несутъ къ паровому молотку проковать по формѣ блина или лепешки. Прокованную пробу тотчасъ же закалываютъ въ холодной водѣ и ломаютъ на особой наковальнѣ (чер. 89) помощью молотка и подбойки (чер. 90). По излому пробы судятъ о сплоскости стали.

Смотря по роду стали, который хотять приготовить, плавку кончаютъ раньше, или позже; чѣмъ мягче должна быть сталь, тѣмъ дольше ей даютъ кипѣть. Напримѣръ, сталь на балки и оси готовятъ такимъ образомъ, что плавку кончаютъ (прибавляютъ ферро-марганецъ и ферро-силицій), когда кипѣніе начинаетъ *останавливаться*, т. е. большой бѣлый пузырь начинаетъ уменьшаться и лопаться; этотъ періодъ называютъ *перекипаніемъ* или *останавливаніемъ*.

Если позволить стали перекипѣть окончательно, такъ, чтобы пузыри совершенно исчезли съ ея поверхности, то такую плавку нельзя разлить, потому что часть стали застынетъ въ выпускномъ отверстіи, а остальная—въ ковшѣ. Поэтому плавку всегда кончаютъ при кипѣніи, хотя бы пузыри были самые мелкіе и рѣдкіе.

При новыхъ способахъ обуглероживанія чистую плавку \*) можно кончить гораздо раньше, а именно: какъ только выгорятъ кремній и марганецъ завалки. Чѣмъ раньше выпустить плавку, тѣмъ меньше приходится расходовать смѣси для обуглероживанія и полученія спокойной стали, а главное, тѣмъ меньше продолжительность плавки. Последнее обстоятельство значительно удешевляетъ производство, такъ какъ увеличиваетъ производительность печи, сокращая время плавки и уменьшая расходъ по ремонту печи.

Время кипѣнія, отъ появленія пѣны до конца плавки, бываетъ различно, отъ 1½ до 3 час. и рѣже—4 до 5 час.; оно зависитъ какъ отъ состава шихты, такъ и отъ хода печи. Чѣмъ больше чугуна въ завалкѣ и чѣмъ холоднѣе ходъ печи, тѣмъ продолжительнѣе время кипѣнія; оно можетъ быть въ значительной степени сокращено прибавленіемъ руды при горячемъ ходѣ печи.

Во время кипѣнія матеріалы, заваленные въ печь, постепенно теряютъ кремній, марганецъ и углеродъ, переходя такимъ образомъ изъ чугуна въ сталь. Прежде всего выгораетъ кремній, затѣмъ марганецъ и послѣднимъ —углеродъ.

По Лебедуру время выгоранія кремнія и марганца зависитъ отъ температуры печи, но на практикѣ кремній выгораетъ всегда раньше, между тѣмъ какъ сотыя доли марганца остаются почти до конца плавки. Кипѣніе крупнымъ, бѣлымъ пузыремъ, указываетъ на полное почти отсутствіе кремнія въ ваннѣ.

Ниже привожу таблицу, въ которой показано время различныхъ періодовъ кипѣнія на старой и новой печи.

По Одельштиерна \*\*) плавку слѣдуетъ такъ вести, чтобы во время всего процесса въ печи была ровная, достаточно высокая температура; тогда

\*) Состоящую изъ чистыхъ матеріаловъ.

\*\*) Stahl und Eisen. 1894 г. 708 стр.

Таблица XI.

ВРЕМЯ.	Холодный ходъ печи. 190-я плавка послѣ ремонта.	Горячій ходъ печи. 12-я плавка послѣ ремонта.
Заваливанія . . . . .	2 ч.—	2 ч.—
Плавленія . . . . .	3 „ 40 м.	3 „ 30 м.
Пѣны . . . . .	— „ 45 „	— „ 35 „
Кипѣнія краснымъ пузыремъ . . . . .	1 „ 30 „	— „ 30 „
„ бѣлымъ „ . . . . .	— „ 50 „	— „ 20 „
„ больш. бѣлымъ „ . . . . .	— „ 25 „	— „ 50 „
Перекипанія . . . . .	— „ 10 „	— „ 15 „
Присадки добавочныхъ матеріаловъ . . . . .	— „ 35 „	— „ 30 „
ВСЕГО . . . . .	9 ч. 55 м.	8 ч. 30 м.

сталь ко времени выпуска будетъ почти свободной отъ газовъ, не содержа при этомъ слишкомъ большого количества кремнія. Последнее обстоятельство зависить отъ температуры печи. При высокой температурѣ кремній возстановляется изъ набойки углеродомъ, подобно кремнію изъ тиглей въ тигельной стали, по Шмидгамеру, мнѣніе котораго вполне подтвердилось шведскимъ стальнымъ производствомъ.

При изготовленіи твердой стали, по Одельштиерна, трудяте всего избѣжать образованія небольшихъ пустотъ (свищей) на поверхности болванки. Опытъ показалъ, что такія пустоты получаются на поверхности болванокъ всегда, если во время хода плавки ванна была нѣкоторое время слишкомъ холодною, для поправленія чего подъ конецъ плавки температуру печи сильно повысили. Выпущенная изъ печи сталь была слишкомъ горячей, что повлекло за собою образованіе поверхностныхъ свищей, которымъ конечно отвѣчаютъ всегда и внутренніе свищи, т. е. получается при этихъ условіяхъ неплотная сталь. Можно отчасти поправить этотъ недостатокъ, если слишкомъ горячую сталь выдержать нѣкоторое время въ ковшѣ, чтобы разлить по изложницамъ холодную сталь. Однако такое выдерживаніе связано съ затрудненіями, а именно съ рискомъ заморозить сталь въ ковшѣ. Доказательство свойства горячей стали давать поверхностные свищи очень легко имѣть въ любой горячей плавкѣ, стоитъ лишь отлить нѣсколько болванокъ сверху и нѣсколько снизу (сифономъ). Первые будутъ съ наружными свищами, а послѣднія вполне гладкія. Все вышесказанное сводится къ тому, что вредно увеличивать температуру

стали подь конецъ плавки, что дѣлается не только у насъ, но и повсѣмѣстно, за исключеніемъ Швеціи; на выставкѣ въ Чикаго 1893 г. болванки стали, приготовленныя во всѣхъ государствахъ, обладали поверхностными свищами; даже маленькія болванки тигельной стали, приготовленныя въ Англии, обладали этимъ недостаткомъ. Лучшимъ способомъ избѣжанія этого недостатка является равномерная температура печи. безъ всякаго ея повышенія до выпуска стали.

Во время хода плавки постепенно выгораютъ примѣси чугуна, при чемъ выдѣляется значительное количество теплоты, идущее на повышение температуры ванны. Для точнаго опредѣленія этого количества приведу расчетъ Веддинга \*). Примѣси 100 кил. чугуна окисляются 12,349 кил.  $Fe_2O_3$ . На возстановленіе послѣднихъ расходуется 11556 ед. т.; между тѣмъ какъ отъ выгорания примѣсей въ 100 п. чугуна освобождается 37.505 ед. т., слѣдовательно остается въ ваннѣ  $37505 - 11556 = 25949$  ед. т., а при завалкѣ въ 20 т. количество тепла выдѣляющагося въ ваннѣ  $= 25949 \times 200 = 5189800$  ед. т. слѣдовательно общее количество тепла, сообщенное ваннѣ выразится слѣдующими цифрами:

Въ 20 тон. плавкѣ выгораніе примѣсей чугуна освобождаетъ 5189900 ед. т.  
Сгораніе  $20 \times 467$  к. угля (въ 6000 ед. т. теплопроизвод. спос. 56040000 „ „

Всего . . . 61 229 800 ед. т.

Поэтому выгораніе примѣсей чугуна развиваетъ 8,4% общаго количества теплоты, чего нельзя оставлять безъ вниманія, въ особенности потому, что теплота эта освобождается непосредственно въ ваннѣ и утилизируется ею почти сполна. Такъ какъ для расплавленія и подогрѣва до 1800° Ц. 20 т. чугуна необходимо 11600<sup>0</sup> ед. т., то выгораніемъ примѣсей чугуна освобождается количество теплоты составляющее 44,7% необходимаго для расплавленія и подогрѣва. Вышеуказанныя 11600000 ед. т. составляютъ 18,9% всей теплоты, остальные 81,1% составляютъ потерю черезъ трубу и отъ лучеиспусканія. Подробный расчетъ этихъ потерь сдѣлалъ Комбелль, и хотя онъ даетъ другія цифры, нежели Веддингъ, но все-таки приведу его расчетъ, какъ представляющій нѣкоторый интересъ.

### Расходъ теплоты.

	ед. т.	%
Потеря черезъ колосниковую рѣшетку . . .	140650	5,6
» въ генераторѣ и газопроводахъ . . .	694840	27,6
» черезъ вытяжную трубу. . . . .	246710	9,8
» отъ неполн. сгоранія и избытка воздуха.	69390	2,8
» отъ лучеиспусканія . . . . .	1078830	42,7
Теплота, поглощенная расплавленою сталью .	290000	11,5
Всего . . .	2520420	100,0

\*) Stahl u. Eis. 1897 г. 628 стр.

## Выдѣленіе теплоты.

Отъ горѣнія угля. . . . .	2.377,420	94,4
„ „ примѣсей завалки . . . . .	143,000	5,6
	<hr/>	
Всего . . . . .	2.520,420	100,0

## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

## Окончаніе плавки по пробѣ.

Когда кипѣніе приближается къ концу, берутъ пробу металла, какъ сказано выше. Если проба ломается отъ одного, двухъ ударовъ, то изломъ ея мелкокристаллическъ, свѣтло-сѣраго цвѣта, безъ слѣдовъ волокнистаго строенія; такая проба показываетъ, что въ ваннѣ въ данный моментъ содержится отъ 1 до 1,5% С.

По мѣрѣ выгорания углерода, проба (закаленная) гнется все болѣе и болѣе и изломъ ея постепенно переходитъ въ волокнистый, съ небольшими остатками кристалловъ въ видѣ полосокъ или отдѣльныхъ гнѣздъ. Волокнистый изломъ отличается отъ кристаллическаго матовымъ блескомъ и болѣе темнымъ цвѣтомъ, такъ что кристаллы легко замѣтны на немъ по своему блеску и цвѣту. Смотря по назначенію стали и по добавочнымъ матеріаламъ, данная проба указываетъ на спѣлость стали. Чѣмъ тверже должна получиться сталь, тѣмъ больше кристалловъ должно быть въ изломѣ послѣдней пробы. Такъ, напр., сталь для рельсовъ будетъ подходяща, если окончить плавку по пробѣ, которая въ изломѣ содержитъ еще кристаллы; если въ изломѣ пробы нѣтъ вовсе кристалловъ и она не сломалась вся, а только дала трещину, то плавка, оконченная по такой пробѣ, дастъ сталь слишкомъ мягкую для рельсовъ, а пригодную скорѣе на оси, или балки; впрочемъ; для послѣднихъ сталь будетъ болѣе подходящей, если окончить плавку по пробѣ, согнутой безъ трещины, или съ небольшою трещиною (подробнѣе см. гл. VIII).

Почти всегда приходится кончать плавку по пробѣ, содержащей меньше 0,5% углерода, а сталь, отвѣчающая такой пробѣ, почти не содержитъ уже ни кремнія, ни марганца, а потому ниже приведено только содержаніе углерода въ различныхъ пробахъ по изгибу, причемъ всѣ пробы закаливаются тотчасъ же послѣ проковки ихъ подъ молоткомъ, при темно-вишневомъ цвѣтѣ.

Пробы, чаще всего встрѣчающіяся, приведены въ таблицѣ XII.

Эти данныя приняты въ основаніе расчета гл. VIII.



Таблица XII.

№	С.	Внѣшніе признаки пробы.
1	0,1	Проба гнется безъ трещины.
2	0,15	" " съ малой трещиною
3	0,20	" ломается, въ изломѣ одно волокно безъ сыщи*.
4	0,25	" " волокно, немного сы и.
5	0,35	" " половина волокна, половина сыщи
6	0,50	" " согнувшись немного, одна сыщ.
7	0,75	" " безъ изгиба.

Когда проба указываетъ на соответственную снѣлость стали, то прежде, чѣмъ приступить къ окончанію плавки, берутъ пробу на ложку, чтобы убѣдиться, достаточно ли горяча сталь для разливанія. Горячая сталь характеризуется бѣлымъ цвѣтомъ, жидка на видъ и вся стекаетъ съ ложки при выливаніи, между тѣмъ, какъ холодная сталь на видъ густа, часть ея всегда остается на ложкѣ, а цвѣтъ ея красный.

Если сталь холодная, то ее подогрѣваютъ кремнистымъ чугуномъ (съ 2,5 до 3,5% Si), который кладутъ на завалочныя окна, даютъ ему нагрѣться до свѣтло-краснаго цвѣта, а потомъ сталкиваютъ въ печь, причѣмъ ванна на время перестаетъ кипѣть, такъ какъ температура ея понизилась отъ прибавленія относительно холоднаго чугуна; черезъ 20—30 мин. сталь снова закипаетъ, ее переѣшиваютъ и берутъ пробы до тѣхъ поръ, пока двѣ пробы, взятая одна вслѣдъ за другой, будутъ отвѣчать назначенію стали.

Если сталь достаточно горяча, то приступаютъ къ окончанію плавки. Для этой цѣли кладутъ на окна добавочные матеріалы, подогрѣваютъ ихъ и сталкиваютъ въ ванну.

Добавочные матеріалы примѣняются \*) съ двоякою цѣлью: во-первыхъ, чтобы при ихъ помощи получить сталь съ опредѣленнымъ содержаніемъ углерода, кремнія и марганца, а во-вторыхъ, чтобы остановить кипѣніе ванны за нѣсколько минутъ до выпуска и получить, такъ называемую, спокойную сталь.

Какъ добавочные примѣняются: гематитовый чугунъ (т. е., чугунъ съ 2,5 до 3,5% кремнія и малымъ содержаніемъ фосфора и сѣры), зеркальный чугунъ, ферромарганецъ и ферросилицій. Смотря по роду стали примѣ-

\*) То есть—кристалловъ.

\*) Что собственно должно уже составлять только предметъ исторіи.

няются тѣ или другіе матеріалы, причѣмъ марганецъ вводитъ въ сталь для лучшей прокатки и проковки ея, а кремній — для выдѣленія растворенныхъ въ стали газовъ; углеродъ вводится вмѣстѣ со всѣми этими матеріалами, что и имѣютъ въ виду при обопчаніи плавки.

Подогрѣваютъ добавочные матеріалы для того, чтобы не понизить слишкомъ температуры стали, причѣмъ различные матеріалы подогрѣваются различно, а именно: чугуны нагрѣваютъ сильнѣе прочихъ, такъ какъ онъ можетъ больше всего понизить температуру, по своему значительному количеству, ферросилицій нагрѣваютъ слабѣе чугуна, а ферромарганецъ, чаще всего, вовсе не нагрѣваютъ, для уменьшенія угара марганца.

Подогрѣтые матеріалы сталкиваютъ съ оконъ въ ванну, ждутъ 3—5 мин., пока они расплавятся и перемѣшиваютъ нѣсколькими (5—6) кочергами; перемѣшанную сталь зачерпываютъ ложкою, наливаютъ въ стаканъ и по этой пробѣ судятъ о пригодности стали.

Если сталь ровно стынѣтъ въ стаканѣ, то она достаточно плотна, не содержитъ много газовъ и въ изложницахъ застынетъ хорошо; если же сталь въ стаканѣ пучится, т. е. на застывшую поверхность ея изъ середины вытекаетъ жидкая сталь, то она вырастетъ и въ изложницахъ, а потому такой стали выпускать нельзя.

Кромѣ того, сталь должна вся стекать съ ложки, если же она застываетъ на ложкѣ, то это указываетъ на недостаточно высокую температуру ея (отъ несоответственнаго нагрѣва добавочныхъ), при которой не вся сталь можетъ быть разлита изъ ковша, но болѣе или менѣе значительная часть ея останется на стѣнкахъ и днѣ послѣдняго. Въ этомъ случаѣ можно отчасти помочь дѣлу болѣе продолжительнымъ перемѣшиваніемъ стали, при которомъ она немного подогрѣвается, но необходимо прибавить  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}\%$  ферросилиція для задержанія кипѣнія; однако, при слишкомъ долгомъ задерживаніи выпуска (больше 10 мин.), сталь можетъ расти въ изложницахъ, такъ какъ она начинаетъ закипать въ печи.

Если сталь достаточно горяча, перемѣшана и спокойна, то приступаютъ къ ея выпуску.

Не слѣдуетъ выпускать очень горячей стали, потому что она содержитъ больше газовъ, даетъ менѣе плотныя болванки, съ пустотами и пузырями въ верхней части ихъ (что увеличиваетъ количество брака при обработкѣ стали) и, кромѣ того сильно разъѣдаетъ изложницы и поддонки. Такая сталь при вытеканіи изъ ложки выдѣляетъ изъ себя пламя.

Хотя холодная сталь плотнѣе горячей, но она неудобна тѣмъ, что часто растѣтъ и даетъ большую настылъ въ ковшѣ (а это возвышается цѣну стали). Сталь должна быть такой температуры, чтобы она разливалась по изложницамъ безъ значительнаго остатка въ ковшѣ. Если сталь

послѣ прибавленія ферро-марганца растеть въ стаканѣ, или же, если она сильно остынетъ за время присадки добавочныхъ матеріаловъ, то плавку не выпускають, а даютъ марганцу выгорѣть, отъ чего сталь быстро нагрѣвается и берутъ пробы до тѣхъ поръ, пока сталь станетъ опять достаточно мягкой. Тогда прибавляютъ вторично тѣ же добавочные матеріалы, перебѣшиваютъ ванну, берутъ пробу стали на ложку и выпускають плавку.

## ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

### Добавочные матеріалы.

При современномъ положеніи мартеновскаго производства отъ добавочныхъ матеріаловъ слѣдовало бы вполне отказаться, но такъ какъ такой способъ веденія плавки у насъ еще почти повсемѣстно распространенъ, то оставляю съ нѣкоторыми измѣненіями эту главу, которая черезъ нѣсколько лѣтъ вѣроятно будетъ имѣть лишь историческое значеніе.

Различные сорта стали, смотря по ихъ назначенію, должны отвѣчать различнымъ техническимъ условіямъ, а потому должны обладать различнымъ химическимъ составомъ, въ зависимости отъ этихъ причинъ измѣняются добавочные матеріалы, хотя и въ довольно тѣсныхъ предѣлахъ. Часть добавочныхъ матеріаловъ угораеть, а потому прибавляютъ ихъ больше, нежели слѣдовало бы по расчету.

Чтобы получить спокойную сталь, необходимо ввести въ нее не менѣе 0,15% кремнія и 1,5% марганца. Введенные вмѣстѣ съ добавочными матеріалами углеродъ, марганецъ и кремній отчасти выгорають и выгораніе это различно, какъ для различныхъ элементовъ, такъ и для различныхъ матеріаловъ. Изъ многочисленныхъ данныхъ опыта выведены слѣдующія числа для угара углерода, кремнія и марганца: кремнія угораеть больше всего, а именно: отъ 60 до 80% всего количества, введеннаго въ ванну вмѣстѣ съ добавочными матеріалами, но элементъ этотъ вводится, главнымъ образомъ, не ради присутствія его въ стали, а для выдѣленія газовъ \*) растворенныхъ въ ней.

Марганца выгораеть отъ 40 — 60%, въ среднемъ 50%, послѣднее число принято въ нижеприведенныхъ расчетахъ.

Углерода угораеть меньше всего, потому что онъ защищенъ отъ выгоранія первыми двумя элементами, а въ особенности кремніемъ; угаръ

\*) Къ сожалѣнію онъ не можетъ выдѣлывать водорода и окиси углерода, особенно изъ стали покрытой слоемъ шлака.

его равенъ 50% и только при приготовленіи очень мягкой стали (ниже 0,2% С.) онъ повышается до 60%.

Относительно различія выгорания элементовъ изъ различныхъ матеріаловъ слѣдуетъ замѣтить, что чѣмъ бѣднѣ матеріалъ даннымъ элементомъ, тѣмъ быстрее послѣдній выгораетъ, что обуславливается продолжительностью плавленія такихъ матеріаловъ. Напримѣръ: кремнія въ чугунахъ заключается около 3%, а въ ферро-силиціи около 10%; элементъ этотъ изъ чугуна выгораетъ почти весь (до 85%), а изъ ферро-силиція отъ 40—60%; марганецъ зеркальнаго (съ 20% *Mn*) выгораетъ въ количествѣ 50—70%, а ферро-марганца (съ 80% *Mn*) — 40 до 55%; углеродъ заключается почти въ одинаковыхъ количествахъ во всѣхъ добавочныхъ матеріалахъ (въ чугунахъ—3,8%, въ ферро-марганцѣ — 5,5%, въ ферро-силиціи—2,5 и въ зеркальномъ—5%), а потому онъ почти равномерно выгораетъ въ количествѣ около 50%.

Эти данныя приняты при всѣхъ послѣдующихъ вычисленіяхъ добавочныхъ матеріаловъ для различныхъ сортовъ стали, а добавочные приняты слѣдующаго состава:

Таблица XIII.

Названіе матеріаловъ.	<i>C.</i>	<i>Mn.</i>	<i>Si.</i>
Гематитовый чугунъ . . . . .	3,8%	0,2%	3%
Зеркальный . . . . .	5,0 "	20,5 "	1,5 "
Ферросилицій . . . . .	2,5 "	18 "	10,0 "
Ферромарганецъ . . . . .	5,5 "	80 "	1,5 "

Чаще всего въ заводской практикѣ встрѣчаются слѣдующіе сорта стали: а) рельсовая, б) бандажная. в) осевая, д) сталь для валовъ, е) балочная и ф) рессорная.

Разсмотримъ каждый сортъ отдѣльно.

## а) Рельсовая сталь.

*C.*            *Mn.*            *Si.*            *P.*            *S.*  
Составъ ея: 0,28—0,45% 0,7—1,0% 0,1—0,3% 0,07—0,12% 0,05—0,1%.

На рельсы идетъ сталь различныхъ сортовъ, потому что отъ нея требуется главнымъ образомъ средняя твердость, т. е. рельсы не должны ломаться подъ ударами бабы въсомъ въ 30 пуд. (см. ниже гл. XXI), при чемъ онѣ не должны гнуться больше опредѣленнаго предѣла, а именно стрѣла прогиба не должна быть больше

25 <sup>m/m</sup>	при	I-омъ	ударѣ.
50 <sup>m/m</sup>	»	II	»
100 <sup>m/m</sup>	»	III	»

Подъ прессомъ при грузѣ 1.116 пуд. рельсы должны гнуться меньше, чѣмъ на одинъ миллиметръ.

Этимъ условіямъ отвѣчаетъ каждая сталь, составъ которой заключается въ вышеуказанныхъ предѣлахъ, а потому на рельсы идетъ все, что почему либо не отвѣчаетъ своему особому назначенію.

Разрывающій грузъ и удлиненіе для рельсъ колеблются въ широкихъ предѣлахъ, а именно: разрывающій грузъ отъ 55 до 80 килогр. на квадратный миллиметръ, при удлиненіи въ 18—8<sup>o</sup>/.

Нормальная сталь для рельсовъ должна содержать С—0,35<sup>o</sup>/ при 0,9% *Mn*; она даетъ до 70 кил. на разрывъ и до 10% удлиненія.

Какъ сказано выше, для полного спокойствія стали (т. е. чтобы она хорошо застывала въ изложницахъ) необходимо въ нее ввести около 1,5% *Mn* и 0,15<sup>o</sup> *Si*. Для рельсовъ вводятъ 1,7<sup>o</sup> *Mn* и 0,16<sup>o</sup> *Si*. Марганецъ вводится въ сталь въ видѣ ферромарганца, а кремній—въ видѣ гематитоваго чугуна, а не ферросилиція \*) (ради дешевизны), такъ что добавочными матеріалами для рельсовъ служатъ: 4<sup>o</sup> чугуна, 0,5<sup>o</sup> зеркальнаго и 2<sup>o</sup> ферромарганца; вмѣстѣ съ этими добавочными вводятъ въ ванну:

*Si.*

Изъ 4 <sup>o</sup> чугуна . . . . .	4 × 0,03 = 0,120
» 2 » ферромарганца . . . . .	2 × 0,015 = 0,030
» 0,5 » зеркальнаго . . . . .	0,5 × 0,015 = 0,008

всего . . . . . 0,158%

при угарѣ въ 60% остается въ стали около 0,06<sup>o</sup> *Si*.

*Mn.*

Изъ 4 <sup>o</sup> чугуна . . . . .	4 × 0,002 = 0,008
» 2 » ферромарганца . . . . .	2 × 0,8 = 1,600
» 0,5 » зеркальнаго . . . . .	0,5 × 0,205 = 0,102

всего . . . . . 1,710%

при угарѣ въ 50% остается около 0,86<sup>o</sup> *Mn*.

\*) Что впрочемъ зависитъ отъ мѣстныхъ цѣнъ, напр. на Уралѣ выгоднѣе примѣнять ферросилицій и ферромарганецъ вмѣсто кремнистаго чугуна и зеркальнаго, такъ какъ стоимость провоза ложится на большое процентное содержаніе *Si* и *Mn* а потому послѣдній обходится дешевле.

C.

Изъ 4% чугуна . . . . .	$4 \times 0,038 = 0,152$
» 2 » ферромарганца . . . . .	$2 \times 0,055 = 0,110$
» 0,5 » зеркального . . . . .	$0,5 \times 0,050 = 0,025$

---

Всего . . . . . 0,287% C.

при угарѣ въ 50% остается около . . . . .	0,144%
то ваннѣ должно быть около . . . . .	0,200 »
чтобы окончательно получать сталь съ . . . . .	0,35 » C.

Слѣдовательно, на рельсы нужно кончать плавку по пробѣ содержащей 0,2% C, которая отвѣчаетъ № 3 (см. стр. 162), т. е. закаленная проба ломается и содержитъ въ изломѣ одно волокно безъ сыпья, или съ самымъ незначительнымъ ея количествомъ, а проба съ марганцемъ должна отвѣчать № 2<sup>1/2</sup> по изгибу (см. гл. XX).

### б) Бандажная сталь.

C	Mn	Si	P	S
---	----	----	---	---

Составъ ея: 0,42—0,46% 0,7—1,0% 0,15—0,3% 0,01—0,04% 0,01—0,02%.

Бандажная сталь должна быть плотнѣ рельсовой; она вовсе не должна содержать пузырей и пустотъ. Для достиженія этой цѣли въ нее вводятъ больше кремнія (до 0,22%), нежели въ рельсовую, при чемъ элементъ этотъ вводится въ видѣ ферросилиція, а чугунъ прибавляютъ только для полученія болѣе твердой стали.

Новыя \*) техническія условія для бандажной стали требуютъ удлиненія въ 8% и 65—70 кил. на разрывъ, а этому удовлетворить сталь съ содержаніемъ C въ 0,44% и Mn въ 0,8%.

Основываясь на вышеприведенныхъ данныхъ, вмѣстѣ съ добавочными матеріалами вводятъ въ ванну 0,22% Si и 1,8% Mn; такъ что добавочными матеріалами для бандажей служатъ: 1,8% ферромарганца, 1,15% ферросилиція, 0,5% зеркального и 2,3% чугуна.

Вмѣстѣ съ этими добавочными вводятъ въ сталь:

Si.

Изъ 1,15% ферросилиція . . . . .	$1,15 \times 0,1 = 0,115$
» 1,8 » ферромарганца . . . . .	$1,8 \times 0,015 = 0,027$

---

\*) См. Гл. XXI.

» 0,5 » зеркального . . .	$0,5 \times 0,015 = 0,008$
» 2,3 » чугуна . . . . .	$2,2 \times 0,03 = 0,069$
Всего . . . . .	

0,219%

при угарѣ въ 60% въ стали остается около 0,09% *Si*.

*Mn*.

Изъ 1,15% ферросилиция .	$1,15 \times 0,18 = 0,207$
» 1,83 » ферромарганца	$1,83 \times 0,8 = 1,460$
» 0,5 » зеркального . . .	$0,5 \times 0,2 = 0,100$
» 2,3 » чугуна . . . . .	$2,3 \times 0,002 = 0,005$

Всего . . . . . 1,772%

При угарѣ въ 50% въ стали остается около 0,88% *Mn*.

*C*.

Изъ 1,15% ферросилиция .	$1,15 \times 0,025 = 0,029$
» 1,83 » ферромарганца	$1,83 \times 0,055 = 0,101$
» 0,5 » зеркального . . .	$0,5 \times 0,050 = 0,025$
» 2,3 » чугуна . . . . .	$2,3 \times 0,038 = 0,087$

Всего . . . . . 0,242%

при угарѣ въ 50% въ сталь перейдетъ . 0,12%

то въ ваннѣ должно оставаться около . . 0,34%

чтобы окончательно получилась сталь съ . 0,44% *C*.

Слѣдовательно, на бандажи нужно кончать плавку по пробѣ № 5 (см. стр. 162 табл. XII), которая гнется, ломается и содержитъ въ изломѣ пополамъ волокно и сыпь, а проба съ марганцемъ должна отвѣчать № 3 по изгибу (см. гл. XX).

### в) Осевая сталь.

<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>P</i>	<i>S</i>
Составъ ея: 0,27—0,36%	0,60—0,95%	0,08—0,15%	0,01—0,03%	0,005—0,010%

Подъ названіемъ осевой стали подразумѣваютъ относительно мягкую, плотную и тягучую сталь, идущую не только на оси, но и на другія издѣлія.

Техническія условія, которымъ должна отвѣчать эта сталь: удлиненіе 15% при разрывающемъ грузѣ 50—60 кил. Этотъ сортъ стали дѣлають трехъ, различныхъ по твердости, видоизмѣненій:

I-е отвѣчаетъ по изгибу № 1	и содержитъ	0,25% <i>C</i>	0,7% <i>Mn</i>
II-е » » » »	1 <sup>1/2</sup>	» 0,30 »	» 0,8 »
III-е » » » »	2	» 0,35 »	» 0,9 »

На вагонныя и паровозныя оси идетъ II-е видоизмѣненіе съ . . . . . 0,3 % *C* и 0,8% *Mn*.

Если приходится готовить болѣе твердые сорта осевой стали, то для этой цѣли увеличиваютъ количество прибавляемаго чугуна. Чтобы ввести въ ванну около 0,21% *Si* и 1,7% *Mn*, подъ конецъ плавки прибавляютъ: ферросилиція 1,35%; ферромарганца 1,82% и чугуна 1,8—3% смотря по твердости окончательнаго продукта.

Вмѣстѣ съ этими добавочными вводятъ въ сталь:

*Si*.

Изъ 1,35% ферросилиція	$1,35 \times 0,1$	$= 0,135$
» 1,82 » ферромарганца	$1,82 \times 0,015$	$= 0,027$
» 1,8 » чугуна	$1,8 \times 0,03$	$= 0,054$
<hr/>		
Всего		0,216%

При угарѣ въ 70% въ стали остается около 0,06% *Si*. Угаръ кремніа здѣсь больше, нежели при бандажной стали потому, что ванна бѣднѣ углеродомъ.

*Mn*.

Изъ 1,35% ферросилиція	$1,35 \times 0,18$	$= 0,243$
» 1,82 » ферромарганца	$1,82 \times 0,8$	$= 0,456$
» 1,8 » чугуна	$1,8 \times 0,002$	$= 0,004$
<hr/>		
Всего		1,703%

при угарѣ въ 50% въ стали остается около 0,85% *Mn*.

*C*.

Изъ 1,35% ферросилиція	$1,35 \times 0,025$	$= 0,034$
» 1,82 » ферромарганца	$1,82 \times 0,055$	$= 0,100$
» 1,8 » чугуна	$1,8 \times 0,038$	$= 0,068$
<hr/>		
Всего		0,202%

Такъ какъ ванна бѣдна углеродомъ при окончаніи плавки, то и здѣсь, какъ при кремніи, слѣдуетъ принять болѣе угаръ, а именно въ 60%, такъ что въ сталь перейдетъ . . . . . 0,09%

то въ ваннѣ должно оставаться около . . . . . 0,16 »

чтобы окончательно получить сталь съ . . . . . 0,25 » *C*.

Слѣдовательно, на оси, которыя должны отвѣчать № 1 по изгибу (см. гл. XX), нужно кончать плавку по пробѣ № 2, которая гнется въ плотную съ малой трещиной и содержитъ около 0,15% (ст. 162).

Чтобы получить № 1½ по изгибу (см. выше, II видоизмѣненіе), не измѣняютъ добавочныхъ матеріаловъ, а только кончаютъ немного раньше плавку, а именно: по пробѣ № 3, которая гнется съ небольшою трещиной и содержитъ 0,2% *C*, такъ что окончательно сталь будетъ содержать  $0,09 + 0,2 = 0,29\%$  *C*.



Для получения № 2 по изгибу (см. выше III видоизмѣненіе), прибавляютъ около 3% чугуна и кончаютъ плавку раньше, такимъ образомъ вводятъ въ сталь:

C.

Изъ 1,35% ферросилиція . . . . .	$1,35 \times 0,025 = 0,034$
» 1,82 » ферромарганца . . . . .	$1,82 \times 0,055 = 0,100$
» 3,00 » чугуна . . . . .	$3,0 \times 0,038 = 0,114$
Всего . . . . .	0,248%

При угарѣ въ 50% (здѣсь ванна богаче углеродомъ) въ сталь переходитъ . . . . . 0,12%,  
то въ ваннѣ должно оставаться . . . . . 0,23 »,  
чтобы окончательно получилась сталь съ содержаніемъ . . . . 0,35 » C.

Слѣдовательно, на оси № 2 по изгибу нужно кончать плавку по пробѣ № 4 (см. стр. 162, табл. XII), которая ломается съ сыпью и содержитъ около 0,25% C.

### г) Сталь для валовъ.

Для валовъ сталь требуется особенно плотная, такъ какъ она отличается, какъ сказано выше, въ видѣ большихъ болванокъ. Большая плотность достигается прибавленіемъ большаго количества ферросилиція, при тѣхъ же добавочныхъ, какъ для осей; такъ что ферросилиція прибавляютъ около 1,5% и ферромарганца — 1,7%, а въ случаѣ требованія на болѣе твердые валы и 1—2% чугуна. Такимъ образомъ въ сталь вводятъ:

Si.

Изъ 1,5% ферросилиція . . . . .	$1,5 \times 0,100 = 0,150$
» 1,8 » ферромарганца . . . . .	$1,8 \times 0,015 = 0,027$
» 1,5 » чугуна . . . . .	$1,5 \times 0,030 = 0,045$
Всего . . . . .	0,222%

При угарѣ въ 70% въ стали остается около 0,07% Si.

Mn.

Изъ 1,5% ферросилиція . . . . .	$1,5 \times 0,180 = 0,270$
» 1,8 » ферромарганца . . . . .	$1,8 \times 0,800 = 1,440$
» 1,5 » чугуна . . . . .	$1,5 \times 0,002 = 0,003$
Всего . . . . .	1,713%

При угарѣ въ 50% въ стали остается около 0,85% Mn.

C.

Изъ 1,5% ферросилиція . . . . .	$1,5 \times 0,025 = 0,038$
» 1,8 » ферромарганца . . . . .	$1,8 \times 0,055 = 0,099$
» 1,5 » чугуна . . . . .	$1,5 \times 0,038 = 0,057$
Всего . . . . .	0,194%

При угарѣ въ 60% (такъ какъ ванна и здѣсь бѣдна угле-  
родомъ) въ сталь переходить около . . . . . 0,1%  
а въ ваннѣ осталось около (при пробѣ № I) . . . . . 0,1 »  
то окончательно получается около . . . . . 0,2 » *C*.

Чтобы выдѣлить больше газовъ, при остываніи стали, долго помѣши-  
ваютъ ее въ изложницахъ желѣзными крючками, препятствуя этимъ пу-  
темъ образованію корки, застывающаго съ поверхности металла, что поз-  
воляетъ газамъ свободно выдѣляться изъ стали.

#### д) Балочная сталь.

<i>C</i> .	<i>Mn</i> .	<i>Si</i> .	<i>P</i> .	<i>S</i> .
Составъ ея: 0,15—0,2%	0,7—0,9%	0,05—0,12%	0,03—0,08%	0,02—0,05%.

Сталь эта должна давать до 20% удлиненія при 50—56 килограм-  
махъ на разрывъ, поэтому она должна содержать около 0,15% *C* и 0,8 *Mn*  
при 0,06% *P*. Для полученія такой стали прибавляютъ при концѣ плавки  
0,15% *Si* и 1,5% *Mn*, что потребуетъ 1,3% ферросилиція и 1,6% фер-  
ромарганца. Такимъ образомъ въ сталь вводятъ:

##### *Si*.

Изъ 1,3% ферросилиція . . .	$1,3 \times 0,100 = 0,130$
» 1,6 » ферромарганца . . .	$1,6 \times 0,015 = 0,024$
	Всего . . . . . 0,154%

При угарѣ въ 70% въ стали остается около 0,05% *Si*.

##### *Mn*.

Изъ 1,3% ферросилиція . . .	$1,3 \times 0,18 = 0,23$
» 1,6 » ферромарганца . . .	$1,6 \times 0,80 = 1,28$
	Всего . . . . . 1,51%

При угарѣ въ 50% въ стали остается около 0,76% *Mn*.

##### *C*.

Изъ 1,3% ферросилиція . . .	$1,3 \times 0,025 = 0,032$
» 1,6 » ферромарганца . . .	$1,6 \times 0,055 = 0,088$
	Всего . . . . . 0,120%

При угарѣ въ 50% въ сталь перейдетъ около 0,06%  
слѣдовательно въ ваннѣ должно оставаться . . . 0,10 »  
чтобы въ стали получилось окончательно . . . . . 0,16 » *C*.

Поэтому плавку на балки нужно кончать по пробѣ № I (см. стр. 162),  
которая гнется безъ трещины и содержитъ около 0,1% *C*, чтобы полу-  
чить сталь твердости № I по изгибу (см. гл. XX).

Сталь вышеуказаннаго состава готовятъ для балокъ малыхъ размѣровъ (3, 4, 5, 6, 7 и 8 дюймовъ высотой), а балки большихъ размѣровъ (9, 10 и 12 дюйм. высотой) готовятъ предпочтительно изъ болѣе твердой стали № 1<sup>1/2</sup>—2 по изгибу, потому что при такой стали балки большихъ размѣровъ лучше катаются (не рветъ въ валкахъ тонкаго пера балки), хотя по особымъ заказамъ готовятъ и большія балки изъ мягкой стали.

Твердую балочную сталь (на №1<sup>1/2</sup> до 2 по изгибу) готовятъ при тѣхъ же добавочныхъ съ прибавленіемъ 2% и болѣе чугуна.

### е) Рессорная сталь.

C.            Mn.            Si.            P.            S.

Составъ ея: 0,3—55%, 0,8—1,4%, 0,1—0,3%, 0,03—0,07%, 0,01—0,06%.

Рессорная сталь должна удовлетворять, главнѣйше, условію—хорошо принимать закалку, кромѣ того она должна быть опредѣленной твердости, соотвѣтственно которой подраздѣляется на номера: 2, 2<sup>1/2</sup>, 3, 3<sup>1/2</sup>, 4, 4<sup>1/2</sup> и 5; составъ этихъ семи номеровъ приведенъ въ слѣдующей таблицѣ:

### Таблица XIV.

	№№	C.		Mn. *)		C.	Mn.
		отъ	до	отъ	до		
I.	2	0,27%	0,30%	1,10%	0,80%	0,28%	0,95%
II.	2 <sup>1/2</sup>	0,30 "	0,35 "	1,15 "	0,85 "	0,32 "	1,00 "
III.	3	0,33 "	0,38 "	1,20 "	0,90 "	0,36 "	1,05 "
IV.	3 <sup>1/2</sup>	0,37 "	0,41 "	1,25 "	0,95 "	0,39 "	1,10 "
V.	4	0,40 "	0,45 "	1,30 "	1,00 "	0,43 "	1,15 "
VI.	4 <sup>1/2</sup>	0,44 "	0,50 "	1,35 "	1,05 "	0,47 "	1,20 "
VII.	5	0,49 "	0,55 "	1,40 "	1,10 "	0,52 "	1,25 "

Первые два номера готовятся сравнительно рѣдко, а для остальныхъ пяти номеровъ примѣняютъ одни и тѣ же добавочные матеріалы, за исключеніемъ количества добавочнаго чугуна и съ незначительнымъ измѣненіемъ въ количествахъ ферромарганца, или зеркальнаго, такъ что различіе номеровъ, главнымъ образомъ зависитъ отъ пробы, по которой кон-

\*) Показанія здѣсь количества марганца должны быть уменьшены по крайней мѣрѣ на половину, такъ какъ марганецъ сообщаетъ закаленной стали хрупкость.

чают плавку и лишь отчасти отъ измѣненій въ количествѣ добавочныхъ материаловъ.

Добавочные материалы слѣдующіе:

	для № 3 и 3 <sup>1/2</sup> .	для № 4—5.
ферросилиція . . .	1,27%	1,27%
ферромарганца . . .	1,0 »	1,12 »
зеркального . . .	4,5 »	5,5 »
чугуна . . . . .	1,5 »	4 » и болѣе

Вмѣстѣ съ добавочными для № 3 вводятъ въ сталь:

*Si.*

Изъ 1,27% ферросилиція . . .	$1,27 \times 0,100 = 0,127$
» 1,0 » ферромарганца . . .	$1,00 \times 0,015 = 0,015$
» 4,5 » зеркального . . .	$4,5 \times 0,015 = 0,068$
» 1,5 » чугуна . . . . .	$1,5 \times 0,030 = 0,045$
Всего . . . . .	0,255 %.

При угарѣ въ 70% остается въ стали 0,08% *Si.*

*Mn.*

Изъ 1,27% ферросилиція . . .	$1,27 \times 0,18 = 0,229$
» 1,0 » ферромарганца . . .	$1,0 \times 0,80 = 0,800$
» 4,5 » зеркального . . .	$4,5 \times 0,20 = 0,900$
» 1,5 » чугуна . . . . .	$1,5 \times 0,002 = 0,003$
Всего . . . . .	1,932%

При угарѣ въ 50% остается въ стали около 1% *Mn.*

*C.*

Изъ 1,27% ферросилиція . . .	$1,27 \times 0,025 = 0,032$
» 1,0 » ферромарганца . . .	$1,0 \times 0,055 = 0,055$
» 4,5 » зеркального . . .	$4,5 \times 0,050 = 0,225$
» 1,5 » чугуна . . . . .	$1,5 \times 0,038 = 0,057$
Всего . . . . .	0,369%

При угарѣ въ 50% въ сталь перейдетъ . . . . . 0,19 »  
то въ ваннѣ должно остаться около . . . . . 0,16 »  
чтобы окончательно погучить въ стали . . . . . 0,35 » *C*;

слѣдовательно, на рессоры № 3 нужно кончать плавку по пробѣ № 2 (стр. 162, табл. XII), которая гнется съ малой трещиною и содержитъ около 0,15% *C*.

Для № 3<sup>1/2</sup> добавочные такіе же, только чугуна прибавляютъ около 2,5%, поэтому кремній и марганецъ остаются безъ измѣненія, а углеродъ вводятъ:

## С.

Изъ 1,27% ферросилиция . . .	1,27% × 0,025 = 0,032
» 1,0 » ферромарганца . . .	1,0 » × 0,055 = 0,055
» 4,5 » зеркального . . .	4,5 » × 0,050 = 0,225
» 2,5 » чугуна . . . . .	2,5 » × 0,038 = 0,095
Всего . . . . .	0,407%

При угарѣ въ 50% въ сталь перейдетъ . . . 0,2%,  
то въ ваннѣ должно оставаться около . . . . . 0,2 » ,  
чтобы окончательно получить сталь съ . . . . . 0,4 » С;  
слѣдовательно, на рессоры № 3<sup>1/2</sup>, кончаютъ плавку по пробѣ № 3, со-  
держащей 0,2% С, которая ломается безъ сыни.

Для болѣе точнаго опредѣленія содержанія углерода и марганца въ ваннѣ послѣ сталкиванія и перемѣшиванія зеркального наливаютъ пробу, проковываютъ ее подъ паровымъ молоткомъ въ квадратъ и при опредѣ-  
ленномъ цвѣтѣ закаливаютъ въ холодной водѣ; закаленную пробу ломаютъ  
и по излому судятъ о твердости стали; чѣмъ мельче сыпь, тѣмъ тверже  
сталь; при крупной сыни сталь настолько мягка, что закаленная проба  
ея немного гнется до излома.

Сообразуясь съ этой пробой, вмѣстѣ съ ферросилиціемъ прибавляютъ,  
или нѣтъ, нѣкоторое количество чугуна, подогревая его на окнахъ, вслѣдъ  
за вышеупомянутой пробой.

Для слѣдующихъ трехъ номеровъ немного измѣняютъ добавочные, какъ  
сказано выше, а именно:

ферросилиция . . . . .	1,25%
ферромарганца . . . . .	1,12 »
зеркального . . . . .	5,5 »
чугуна . . . . .	3—5 »

Вмѣстѣ съ добавочными для № 4 вводятъ въ сталь:

## Si.

Изъ 1,25% ферросилиция . . .	1,25 × 0,100 = 0,125
» 1,12 » ферромарганца . . .	1,12 × 0,015 = 0,017
» 5,5 » зеркального . . . . .	5,5 × 0,015 = 0,083
» 3 » чугуна . . . . .	3,0 × 0,030 = 0,090

Всего . . . . . 0,315%

При угарѣ въ 70% остается въ стали около 0,09% Si.

Отсюда видимъ, что при различіи номеровъ нѣтъ разницы въ содер-  
жаніи кремнія, т. е. что кремній мало вліяетъ (въ небольшихъ количе-  
ствахъ) на твердость стали.

*Mn.*

Изъ 1,25% ферросилиция .	1,25	× 0,18	= 0,225
» 1,12 » ферромарганца	1,12	× 0,80	= 0,896
» 5,5 » зеркального .	5,5	× 0,20	= 1,100
» 3,0 » чугуна . . .	3,0	× 0,002	= 0,006
Всего . . . . .			2,227%

При угарѣ въ 50% въ сталь переходитъ около 1,11% *Mn.*

*C.*

Изъ 1,25% ферросилиция .	1,25	× 0,025	= 0,031
» 1,12 » ферромарганца	1,12	× 0,055	= 0,062
» 5,5 » зеркального .	5,5	× 0,050	= 0,275
» 3,0 » чугуна . . .	3,0	× 0,038	= 0,114
Всего . . . . .			0,482%

При угарѣ въ 50% въ сталь переходитъ около 0,24%.

то въ ваннѣ должно оставаться около . . . . . 0,19 ».

чтобы окончательно получить сталь съ содержаніемъ 0,43 » *C*;

слѣдовательно, на рессоры № 4 нужно кончать плавку по пробѣ № 3, которая ломается, но сыни не содержитъ.

Такъ какъ № 4<sup>1/2</sup> содержитъ углерода на 0,04% больше, противъ № 4, то можно, или окончить плавку немного раньше (по пробѣ, которая вмѣстѣ съ волокномъ содержитъ немного сыни), или же увеличить количество прибавляемаго чугуна, такъ чтобы вмѣстѣ съ нимъ ввести въ ванну на 0,08% *C* (0,04% на угарѣ) больше, чѣмъ для № 4, слѣдовательно чугуна надо прибавить:  $\frac{0,114+0,08}{0,038} = \frac{0,194}{0,038} = \frac{194}{38} = 5\%$  (почти).

Чтобы не увеличивать количества добавочныхъ матеріаловъ (которые значительно охлаждають ванну) для приготовленія № 5 пользуются такими же добавочными, какъ и для № 4<sup>1/2</sup>, т. е. углерода вводятъ 0,56%, который при угарѣ въ 50% перейдетъ въ сталь въ количествѣ 0,28%; слѣдовательно въ ваннѣ должно оставаться около 0,25%, чтобы окончательно получить сталь съ содержаніемъ около 0,53% *C*, а такому содержанію углерода (0,25%) отвѣчаетъ проба, которая въ изломѣ содержитъ вмѣстѣ съ волокномъ и сынь, т. е. № 4 (стр. 162). Такъ что во избѣжаніе увеличенія количества добавочныхъ матеріаловъ предпочитаютъ кончать плавку раньше.

Впрочемъ для трехъ послѣднихъ номеровъ главнымъ указателемъ служатъ закаленные пробы, сообразуясь съ которыми, увеличивають, или уменьшають количество чугуна, противъ того, которое слѣдовало бы прибавить по расчету.

При плавкахъ на рессоры, какъ было сказано выше, угараетъ много добавочныхъ матеріаловъ, а въ особенности—марганца, что составляетъ главное затрудненіе при изготовленіи такой стали, не говоря уже о трудности приготовить именно тотъ номеръ, который требуется. Одно изъ главныхъ условій успѣшнаго исхода плавки заключается въ томъ, чтобы съ одной стороны дать время вполне расплавиться добавочнымъ матеріаламъ и размѣшать ихъ, а съ другой—не задерживать слишкомъ долго плавки въ печи, во избѣжаніе значительнаго увеличенія угара.

Во всѣхъ вышеприведенныхъ расчетахъ слѣдуетъ имѣть въ виду нѣкоторыя колебанія, бывающія при различныхъ плавкахъ и зависящія, главнымъ образомъ, отъ болѣе или менѣе горячаго хода печи. Впрочемъ для практики они значенія не имѣютъ, такъ какъ сталь идетъ по назначенію, если только колебанія эти не выходятъ значительно за нижеуказанные предѣлы.

Самыя большія колебанія получаются въ количествѣ кремнія, заключающагося въ стали различныхъ плавковъ, оконченныхъ при одинаковыхъ условіяхъ, т. е. по одной и той же пробѣ и съ такими же точно добавочными; колебанія эти доходятъ иногда до 0,2<sup>o</sup>/о, что зависитъ отъ температуры стали, но для практики не представляетъ никакого значенія.

Въ количествѣ марганца колебанія бываютъ гораздо меньше и хотя они доходятъ до 0,15<sup>o</sup>/о въ ту или другую сторону, такъ что разность доходитъ до 0,3<sup>o</sup>/о, но при значительномъ содержаніи марганца (около 1<sup>o</sup>/о) они составляютъ меньше  $\frac{1}{3}$  всего количества этого элемента, между тѣмъ при кремніи колебанія эти вдвое больше всего количества его. Помимо этого незначительныя колебанія марганца имѣютъ больше значенія для практики, чѣмъ большія колебанія кремнія.

Самымъ важнымъ является углеродъ, колебанія котораго не превосходятъ 0,05<sup>o</sup>/о \*) въ ту, или другую сторону, такъ что все различіе между двумя послѣдовательными плавками можетъ иногда доходить до 0,1<sup>o</sup>/о; но точность работы до 0,1<sup>o</sup>/о на практикѣ вполне удовлетворительна, такъ какъ плавки при этомъ отвѣчаютъ условіямъ заказа.

## ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

### Выпускъ.

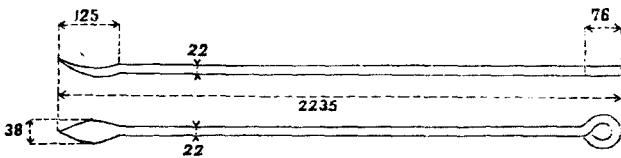
Когда сталь перемѣшана, къ ложкѣ не пристываетъ и хорошо (равно) стынетъ въ пробномъ стаканчикѣ, то приступаютъ къ открыванію вы-

\*) Конечно при умѣлой работѣ мастера. Мнѣ дѣлали возраженіе, что мои расчеты не сходятся съ работою на практикѣ. Винаваты-ли этому расчеты, или работа?—предоставляю судить компетентнымъ лицамъ.

пускнаго отверстія («раздѣльванію». Съ этою цѣлью вынимаютъ при помощи сверла (чер. 91) всю глину, которой была заполнена наружная часть отверстія, а затѣмъ выламываютъ смѣсь старокъ и песку тѣмъ же сверломъ, или шомполомъ, на сколько возможно. Эта смѣсь всегда раскалена до красна, такъ какъ она непосредственно соприкасается со сталью. Чаще всего удается выломать всю смѣсь, такъ что сталь показывается въ какой либо точкѣ отверстія, тогда въ эту точку ударяютъ раза два шомполомъ и пробиваютъ окончательно слой смѣси; сталь вытекаетъ сначала тихо, а потомъ быстрѣе, такъ какъ подъ ея напоромъ діаметръ отверстія увеличивается.

Но случается, что слой смѣси очень плотно утрамбованъ въ отверстіи,—въ такомъ случаѣ приходится пробивать его при помощи желѣзнаго, или стального лома, заостренный конецъ котораго вводятъ въ отверстіе, направляя его возможно ниже, а тупой конецъ кладутъ на обрѣ-

Чер. 91.



зокъ рельса, расположеннаго на площадкѣ надъ желобомъ, и ударяютъ по нему молотами до тѣхъ поръ, пока онъ начнетъ быстро подаваться впередъ; это обозначаетъ, что конецъ лома прошелъ въ печь; его тотчасъ-же выбиваютъ назадъ помощью зубила и молота, которымъ ударяютъ по головкѣ зубила (поставленнаго подъ острымъ угломъ къ лому со стороны печи), острый конецъ котораго задѣваетъ за надрубку лома и выдвигаетъ послѣдній изъ отверстія. Когда ломъ выйдетъ изъ слоя смѣси, въ ней образуется отверстіе, въ которое вытекаетъ сталь изъ печи, переходя на желобъ, а затѣмъ въ ковшъ.

Если діаметръ отверстія малъ, то сталь течетъ тихо; чтобы расширить его, вводятъ шомполъ черезъ завалочное окно и стараются попасть имъ въ отверстіе подъ сталью; чаще всего шомполомъ удается попасть въ отверстіе, которое при этомъ расширяется и сталь течетъ быстрѣе, но иногда передъ отверстіемъ на полу печи образуется возвышеніе изъ песку, упавшаго съ задняго откоса во время завалки и приварившагося къ поду; въ этомъ случаѣ шомполъ скользитъ вверхъ и ударяется въ заднюю стѣнку выше отверстія. Чтобы помочь дѣлу, просовываютъ съ наружной стороны печи въ отверстіе крючекъ надъ струею стали и стараются имъ



расширить послѣднее, а если и это не помогаетъ, то загибають конецъ шомпола крючкомъ и стараются попасть въ отверстіе сверху, проводя загнутый конецъ шомпола надъ возвышеніемъ и затѣмъ прижимая его книзу.

Если при раздѣльваніи отверстія окажется, что въ немъ застыла сталь, или чугуны, протекшіе въ него во время заваливанія, то необходимо прибѣгнуть къ пробиванію отверстія ломомъ, при чемъ желѣзный ломъ почти всегда гнется и не пробиваетъ отверстія. Въ такихъ случаяхъ пробуютъ пробить стальнымъ ломомъ тонкимъ, или толстымъ; если же это не удастся, то отверстіе задѣлываютъ, даютъ стали снова закипѣть, берутъ пробу и кладутъ добавочные матеріалы вторично, а во время кипѣнія на задній откосъ бросаютъ куски зеркальнаго чугуна надъ отверстіемъ. Послѣдній плавится, смѣшивается со сталью около отверстія, повышаетъ ея температуру и этимъ способствуетъ расплавленію стали въ отверстіи, которое послѣ этого легко удастся пробить.

Когда большая часть стали вытечетъ изъ печи, то на ея поверхности, по желобу, показывается шлакъ, который быстро стынетъ и можетъ совсѣмъ затянуть отверстіе, какъ только сталь вытечетъ изъ печи. Въ это время въ печь бросаютъ лопатку окалины на отверстіе, чтобы разжижить шлакъ и ускорить его вытеканіе, и прочищаютъ отверстіе шомполомъ изъ-внутри печи, до тѣхъ поръ, пока большая часть шлага вытечетъ изъ печи, а вмѣстѣ съ нимъ и остатки стали. Тогда пробиваютъ желобъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ онъ задѣланъ кирпичемъ, и начинаютъ разливать сталь изъ ковша по изложницамъ.

Въ отверстіе между тѣмъ вытекають остатки шлага, содержащаго всегда сталь, потому что въ это время счищаютъ подъ печи, сгребая внизъ, къ отверстию, кочергою изъ плоскаго желѣза остатки шлага и сталь, содержащуюся всегда въ небольшихъ ямкахъ пода. Остатки эти при вытеканіи изъ отверстія быстро стынутъ и затягиваютъ его, такъ, что вытеканіе ихъ могло бы тотчасъ же прекратиться, если бы не прочищали постоянно отверстія съ наружной стороны печи. Съ этою цѣлью двое рабочихъ постоянно удаляютъ застывающій шлакъ на маломъ желобѣ заостренными шомполами и время отъ времени выгребають его трамбовками изъ отверстія.

Наконецъ, когда въ печи уже почти нѣтъ шлага, отверстіе просушиваютъ (протищаютъ) и задѣлываютъ.

Если на поду печи не осталось стали въ ямахъ, то набойку откосовъ поправляютъ нескомъ, нагрѣвають печь и вновь заваливають; если же на поду имѣются ямы, то поступаютъ по вышеуказанному (см гл. IV, стр. 148).

## ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

**Разливаніе стали.**

Обыкновенно въ ковшѣ помѣщается вся сталь и шлакъ, такъ что разливаніе начинаютъ тотчасъ, какъ только пробьютъ желобъ (см. выше), но при большихъ навѣскахъ и малыхъ ковшахъ случается часто, что только вся сталь и часть шлака \*) помѣщаются въ ковшѣ, а остальная часть стекаетъ черезъ *рыло* ковша въ канаву. Въ этомъ случаѣ приходится задерживать разливаніе до тѣхъ поръ, пока вытеканіе шлака прекратится, или пробить раньше желобъ, чтобы часть шлака попадала прямо въ шлаковую коморку, не доходя до ковша, но въ послѣднемъ случаѣ вмѣстѣ со шлакомъ не доходитъ до ковша и часть стали, количество которой иногда простирается до 3%, а слѣдовательно составляетъ большую потерю.

Шлакъ быстро стынеть на поверхности, поэтому около *рыла* постоянно снимаютъ крючкомъ застывающій слой его, чѣмъ облегчаютъ вытеканіе шлака только черезъ *рыло*. Если не предпринимать этой предосторожности, то шлакъ поднимается выше краевъ ковша, выливается изъ него въ различныхъ мѣстахъ и заливаетъ поперушки, колеса и рельсы, такъ что нельзя переѣхать съ ковшомъ къ слѣдующимъ изложницамъ и можно потерять плавку.

Для разливанія стали прежде всего отвинчиваютъ болтъ, придерживающій поперушку запора и помощью рукоятки поднимаютъ ее, а вмѣстѣ съ ней и запоръ, вслѣдствіе чего открывается отверстие стакана, закрываемое пробкою, прикрѣпленною къ концу запора (см. черт. 96). Черезъ отверстие вытекаетъ струя стали, которая собирается въ чугунной изложницѣ (или песчанной формѣ).

Обыкновенно льютъ болванки опредѣленнаго вѣса, для чего проводятъ мѣломъ черту по внутренней стѣнкѣ изложницы на опредѣленной высотѣ и наливаютъ сталь до этой черты, такъ что получается болванка опредѣленной длины, а потому и опредѣленнаго, приблизительно, вѣса. Для опредѣленія высоты, до которой слѣдуетъ лить сталь для полученія даннаго вѣса, составляютъ предварительно таблицы для различныхъ размѣровъ изложницъ, въ которыхъ обозначаютъ вѣсъ болванокъ при различныхъ высотахъ отъ дюйма до дюйма.

Однако по данной высотѣ нельзя заранѣе опредѣлить вѣсъ болванки болѣе точно, чѣмъ до 2% его, потому что сталь различныхъ плавковъ

\*) Часть шлака должна проходить въ ковшѣ, чтобы слой его предохранялъ сталь отъ остыванія.

бываетъ различной плотности, что зависитъ отъ различной температуры ея, отъ различнаго количества газовъ, въ ней растворенныхъ, и связано съ различной твердостью стали.

Когда уровень стали приблизится къ чертѣ мѣломъ на стѣнкѣ изложницы, прикрываютъ запоромъ отверстіе стакана, чтобы сталь текла тонкой струею; при этомъ поверхность жидкой стали въ изложницѣ становится спокойною (ровною) и является возможность довести ее точно до мѣла. Кромѣ того тихое наливаніе стали подъ конецъ значительно уменьшаетъ образованіе усадочной раковины въ верхней части болванки.

Затѣмъ передвигаютъ телѣжку съ ковшемъ къ слѣдующей изложницѣ, а въ наполненную опускаютъ крючекъ (согнутый кусокъ квадратнаго, или круглаго, полосоваго желѣза) и нѣкоторое время перемѣшиваютъ имъ сталь, не позволяя ей застывать съ поверхности; при этомъ изъ застывающей болванки выдѣляются газы и сталь становится плотнѣе. Чѣмъ больше болванка стали, тѣмъ продолжительнѣе должно быть перемѣшиваніе ея; особенно долго мѣшаютъ тяжелыя болванки для валовъ вѣсомъ отъ 100—400 пуд. и болѣе.

При передвиженіи ковша отъ одной изложницы къ другой, нельзя герметически запираеть отверстіе стакана запоромъ, во избѣжаніе пристыванія пробки запора къ стакану, а позволяютъ стали вытекать изъ ковша очень тонкою струею, хотя это влечетъ за собою нѣкоторую потерю стали. Струя эта при передвиженіи ковша попадаетъ на стѣнки и края изложницы, образуя сплошной заливъ отъ поверхности стали въ изложницѣ до верхняго края послѣдней, на которомъ заливъ застываетъ. При остываніи, болванка уменьшается въ длинѣ, а заливъ препятствуетъ этому уменьшенію; но такъ какъ онъ совсѣмъ остылъ, а болванка остается еще очень горячею (и мягкою), то она разрывается, съ образованіемъ трещинъ по направленію перпендикулярному къ длинной оси болванки; трещины эти обыкновенно имѣютъ мѣсто въ верхней половинѣ болванки, а въ нижней части ея онѣ составляютъ сравнительно рѣдкое явленіе, такъ какъ верхняя часть болванки долѣе остается въ полужидкомъ видѣ.

Во избѣжаніе такой порчи болванокъ, непременно слѣдуетъ обламывать эти заливы тотчасъ же послѣ наливанія болванокъ, пока они не успѣютъ еще затвердѣть окончательно. Обыкновенно это удается сдѣлать при помощи лома съ плоскимъ, загнутымъ вверхъ концомъ, которымъ задрѣваютъ заливъ и поднимаютъ его вверхъ, при чемъ нижняя часть залива отдѣляется отъ жидкой еще на поверхности болванки (см. чер. 92), гдѣ *b*—уровень стали, *a*—настыль и *f*, *g*—ломъ для открыванія ея.

Бываютъ случаи, что запоръ неплотно запираетъ отверстіе стакана, что происходитъ, или отъ невѣрной установки запора, или отъ настыв-

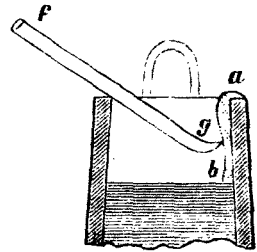
шей на двѣ ковша стали (при холодныхъ плавкахъ), которая не позволяетъ пробѣ запора, попасть на мѣсто и запереть отверстие стакана. Въ такихъ случаяхъ на краяхъ изложницъ образуются толстые заливы, которые не всегда удается оторвать ломомъ; ихъ нужно обрубать при помощи зубила и молотка тотчасъ же послѣ разливанія, не давая болванкѣ остыть, т. е. образовать усадку.

Если поддонокъ и края изложницы потеряли свою первоначальную форму отъ долгаго употребленія, такъ что въ плоскости ихъ соприкосновенія имѣются щели, то хотя онѣ и замазываются снаружи глиною, но часто при наливаніи стали въ такія изложницы глина отрывается и сталь вытекаетъ наружу; тогда прекращаютъ притокъ стали въ изложницу, запирая запоромъ отверстие стакана, и бросаютъ землю лопатами на то мѣсто, откуда *ушла* (вытекла) сталь изъ изложницы; сталь стынетъ снаружи изложницы и вытеканіе ея прекращается; тогда открываютъ запоръ по возможности, чтобы быстрая струя стали расплавила настыли на стѣнкахъ изложницы, образовавшіяся отъ брызгъ при закрываніи запора. Въ противномъ случаѣ послѣ остыванія болванокъ настыли эти даютъ плены, которыя приходится вырубать.

Довольно рѣдко случается, что запоръ герметически запираетъ отверстие стакана; при очень горячей стали въ такихъ случаяхъ можно совсѣмъ запираетъ отверстие стакана такъ, что никакихъ брызгъ и заливокъ не получается, но при этомъ сталь должна быть непремѣнно очень горячей, что нежелательно по вышеприведеннымъ причинамъ (она неплотна), а потому лучше терять нѣкоторую часть стали въ видѣ брызгъ, или избѣгать этого другимъ путемъ, напр. при передвиженіи ковша подъ стаканъ подставляютъ ручной ковшикъ, въ который стекаетъ сталь, пока ковшъ не достигнетъ слѣдующей изложницы; собравшуюся въ ковшикѣ сталь тотчасъ же выливаютъ въ изложницу \*).

При открываніи запора струя стали производитъ сильный ударъ по чугунному поддонку, отъ чего въ немъ образуются углубленія; чугунъ изъ этихъ углубленій попадаетъ въ сталь и портитъ болванку. Во избѣжаніе этого на поддонокъ кладутъ обрѣзокъ тонкаго (въ  $\frac{1}{16}$ " ) листа, который претерпѣваетъ весь ударъ струи; онъ тотчасъ же плавится, если только болванка достаточно высоко наливается (напр. при бандажныхъ болванкахъ высотой около 15"—20", менѣе толстые листки ( $\frac{1}{32}$ " ) не успѣваютъ

Чер. 92.



\*) Ковшикъ примѣнимъ, если изложницы помѣщаются не въ литейной канавѣ, а на уровнѣ заводскаго пола.

расплавится и, оставаясь внизу болванокъ, портятъ ихъ). Въмѣсто листовъ, которые не всегда имѣются въ наличности, поддонокъ смазываютъ жидкой глиною, что тоже предохраняетъ его отъ порчи, хотя и не въ такой степени, какъ листокъ.

Вмѣсто сплошныхъ поддонковъ, дѣлаютъ ихъ съ квадратной выемкою по серединѣ (9" въ сторонѣ квадрата выемки) и вставляютъ въ нее плотно два кирпича. Струя стали ударяетъ въ кирпичъ, отбиваетъ отъ него мелкіе куски, которые разлетаются вмѣстѣ съ брызгами стали и пристываютъ къ стѣнкамъ изложницы, а затѣмъ переходятъ на поверхность болванки, образуя включенія глины, которыя необходимо вырубать, во избѣжаніе брака при прокаткѣ и проковкѣ такихъ болванокъ. Въ виду этого, поддонки съ кирпичемъ оказываются непрактичными.

Во время разливанія берутъ пробы стали, которыя затѣмъ проковываютъ подъ паровымъ молоткомъ и сгибаютъ; по изгибу судятъ о твердости стали (см. гл. XX). Пробу берутъ слѣдующимъ образомъ: когда кончаютъ наливать вторую, или третью изложницу, уменьшаютъ струю вытекающей изъ стакана стали и подставляютъ подъ нее желѣзную ложку, которая наполняется сталью; послѣднюю тотчасъ же выливаютъ въ чугунный стаканчикъ тонкой струею, чтобы получить чистую пробу съ ровной поверхностью.

Если запоръ вовсе не запираетъ отверстія стакана, то пробы нельзя взять изъ-подъ ковша, а приходится зачерпнуть стали изъ только что налитой изложницы и наполнить ею стаканы, хотя при этомъ портится ложка, такъ какъ къ поверхности ея [пристываетъ сталь, которой уже нельзя оторвать.

Иногда при разливаніи употребляютъ воронку изъ листового желѣза, покрытаго толстымъ слоемъ огнеупорной глины. Разливаніе черезъ воронку имѣетъ большія преимущества: поверхность болванокъ получается чистая, поддонокъ не подвергается сильному удару струи стали, отъ чего онъ меньше изнашивается и изложницы дольше служатъ, потому что въ нихъ поступаетъ сталь болѣе холодная, нежели непосредственно изъ ковша.

## ГЛАВА ОДИНАДЦАТАЯ.

### Ковшъ \*).

Ковши дѣлаютъ изъ листового желѣза (толщиною въ  $\frac{7}{16}$ " ), выкладывая въ серединѣ стѣнки ихъ и дно огнеупорнымъ кирпичемъ; въ дни ковша сдѣланы два отверстія, въ которыя вставляютъ стаканы для разливанія

\*) См. черт. 70—72, Отд. II, г. VI.

стали. Немного выше половины высоты ковшъ прикрѣпляютъ къ ковванному желѣзному кольцу, оканчивающемуся двумя цапфами, на которыхъ онъ можетъ поворачиваться на 90°, при посредствѣ зубчатого колеса, насаженнаго на концѣ одной изъ цапфъ и безконечнаго винта, приводимаго въ движеніе при помощи рукоятки и двухъ шестеренъ, насаженныхъ на дюймовыхъ валахъ, подушки которыхъ прикрѣплены къ телѣжкѣ ковша. Цапфы ковваннаго кольца вращаются въ подшипникахъ, помѣщенныхъ въ высшихъ точкахъ телѣжки, склепанной изъ листовъ и угольниковъ; телѣжка передвигается помощью двухъ паръ колесъ, изъ которыхъ задняя—склепана наглухо съ зубчатыми колесами, зацѣпляющими за шестерни, насаженные на одномъ валу, который приводятъ во вращательное движеніе рабочіе при помощи двухъ рукоятокъ.

Когда вся сталь изъ ковша разлита по изложницамъ, вынимаютъ оба запора, при чемъ часть шлака вытекаетъ черезъ отверстія стакановъ въ приготовленное заранѣе мѣсто въ литейной канавѣ, а остальную часть выгребаютъ плоскими кочергами, повернувъ ковшъ на 90° относительно его положенія при разливаніи стали. Часть шлака всетаки пристываетъ къ стѣнкамъ ковша, который поливаютъ холодной водою, выламываютъ шлакъ ломами, исправляютъ его поврежденія (выпавшіе кирпичи) и смазываютъ всю внутреннюю поверхность огнеупорною глиною. Если въ ковшѣ застыла часть стали, то ее необходимо удалить. Настыль на днѣ ковша обыкновенно выпадаетъ сама послѣ охлажденія ковша, какъ только выбьютъ изъ его дна стаканы; но если настыль распространилась и на стѣнки ковша, то иногда ее бываетъ трудно удалить, что производятъ ломами, введенными черезъ отверстія въ днѣ ковша (для стакановъ). Когда внутренняя поверхность ковша смазана глиною, въ отверстія дна вставляютъ стаканы и растопляютъ въ ковшѣ дрова для высушиванія и нагрѣванія его.

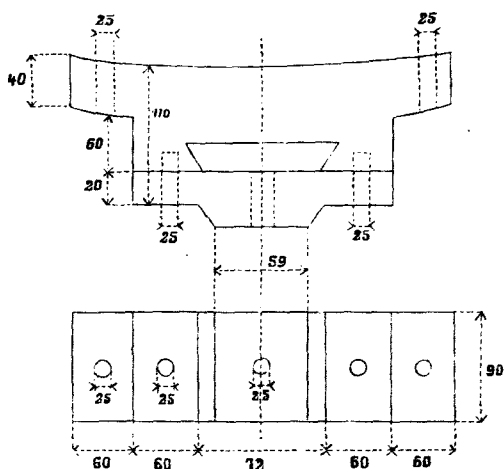
Способъ нагрѣванія ковша дровами очень неэкономиченъ; гораздо дешевле нагрѣваніе при помощи газовыхъ или нефтяныхъ топокъ но для этой цѣли ковшъ долженъ имѣть эллиптическое сѣченіе.

Ковшъ продолжаютъ нагрѣвать до тѣхъ поръ, пока на окна печи положить добавочные матеріалы для окончанія плавки. Тогда изъ ковша вынимаютъ негорѣвшія дрова, а оставшіяся уголь сгребаютъ въ одну сторону для того, чтобы открыть одинъ изъ стакановъ; прочищаютъ его поверхность и отверстіе желѣзнымъ стержнемъ и ставятъ на него запоръ такъ, чтобы пробка плотно закрывала отверстіе стакана, а верхній конецъ запора укрѣпляютъ въ поллзушкѣ помощью винта и клина; поднимаютъ запоръ рукояткою, чтобы убѣдиться въ его исправности и привинчиваютъ крѣпко поллзушку къ ковшу, помощью винта проходящаго че-

резь верхнюю щеку, (см. чер. 93) въ которой движется поползушка (см. Отд. II, Гл. VI).

Чтобы убѣдиться въ герметичности запора, бросаютъ на стаканъ кругомъ пробки мелкій песокъ и смотрятъ, не проходитъ ли онъ внизъ подъ ковшъ; если песокъ не проходитъ, то и сталь не пройдетъ. Запоръ обсыпаютъ кругомъ углемъ и также точно ставятъ второй. Ковшъ можно считать достаточно нагрѣтымъ, если при сгребанія угля со стакановъ они краснаго цвѣта (при прочисткѣ желѣзнымъ стержнемъ стаканы быстро стынуть). Если песокъ проходитъ подъ запоромъ и сыплется внизъ, то запоръ негоденъ, потому что сталь потечетъ изъ него раньше открыва-

Чер. 93.



нiя. Въ такомъ случаѣ вынимаютъ короткое колѣно запора изъ поползушки и поворачиваютъ запоръ кругомъ, чтобы удалить приставшую къ поверхности стакана золу, а къ пробкѣ запора—глину, при чемъ пробка плотнѣе притирается къ поверхности стакана. Если это не помогаетъ, то кругомъ пробки на стаканъ бросаютъ сырую глину и обсыпаютъ ее сверху пескомъ, или же ставятъ запоръ изъ запасной пары. Подмазыванiе глиною можетъ быть примѣняемо только ко второму запору, потому что при помощи его очень рѣдко приходится разливать сталь; если первый запоръ не годится, то его замѣняютъ запаснымъ и только въ случаѣ порчи запасной пары приходится прибѣгать къ подмазыванiю глиною перваго запора. Последнее крайне неудобно, потому что такой запоръ при разливанiи не запретъ плотно отверстiя и получится значительная потеря стали при передвиженiи ковша отъ одной изложницы къ другой. Для запаса

всегда должна быть другая пара обмазанных и высушенных заповорь.

Когда запоры поставлены, ковшъ подводятъ подъ желобъ такъ, чтобы струя стали при стеканіи съ желоба попадала въ середину ковша между запорами, а ни въ какомъ случаѣ не на запоръ, потому что она отобьетъ глину и расплавить желѣзную часть запора, что повлечетъ за собою потерю плавки.

Случается, что первый запоръ *сгораетъ* (т. е. глина отпадаетъ, особенно, если она была не вполне высушеною, и желѣзный стержень расплавляется) и если пробка удержалась на мѣстѣ, закрывая собою стаканъ. то разливаютъ вторымъ запоромъ, къ которому приходится прибѣгать и въ томъ случаѣ, когда подъ первымъ запоромъ застынетъ сталь (при холодной плавкѣ). Если же сталь сдвинетъ съ мѣста пробку запора, то она начнетъ вытекать изъ ковша раньше, чѣмъ послѣдній наполнится сталью; въ такихъ случаяхъ остается только пробить желобъ, чтобы остальная часть стали стекла въ коморку для шлака, а изъ ковша разливать сталь по изложницамъ, переѣзжая по возможности скорѣе отъ одной къ другой.

Иногда сталь потечетъ до открытія запора, что бываетъ при неплотно поставленномъ запорѣ (подмазанномъ глиною); въ этомъ случаѣ тоже приходится разливать раньше, чѣмъ вся сталь вытечетъ изъ печи для чего передвигаютъ ковшъ такъ, чтобы струя стали попадала въ одну изъ изложницъ и, пока послѣдняя наполняется, позволяютъ стали стекать въ ковшъ; когда сталь подходитъ къ краю изложницы, пробиваютъ желобъ и переѣзжаютъ съ ковшомъ къ слѣдующей изложницѣ, которую уже наливаютъ при открытомъ вполне запорѣ.

Если сталь холодная, то на днѣ и стѣнкахъ ковша остается болѣе или менѣе значительная настылъ; при разливаніи такой стали застываетъ сначала сталь подъ однимъ запоромъ, а потомъ и подъ другимъ, такъ что она больше не проходитъ въ отверстія стакановъ, которыя иногда удается пробить снизу заостреннымъ крючкомъ, подставляя его подъ ковшъ и ударяя по нему ломомъ; когда крючекъ пройдетъ въ отверстіе стакана, его тотчасъ же выбиваютъ назадъ. Часто сталь вытекаетъ черезъ образовавшееся отверстіе и часть ея удается еще разлить по изложницамъ; но случается, что сталь вновь застыла въ отверстіи стакана; тогда поворачиваютъ ковшъ на 90°, сливаютъ черезъ рыло сначала шлакъ, а затѣмъ и оставшуюся въ ковшѣ сталь, которую льютъ въ изложницы, хотя болванки, налитыя такимъ образомъ, идутъ только въ переплавку, такъ какъ сталь въ нихъ содержитъ всегда часть шлака.

При установленіи заповорь въ ковшѣ, слѣдуетъ обращать вниманіе на количество угля въ послѣднемъ, такъ какъ нѣкоторая часть его переходитъ въ сталь и повышаетъ содержаніе въ ней углерода; этимъ руко-



водствуются, когда плавка должна содержать точно определенное количество углерода. Если угля много, то часть его выбрасывают из ковша.

Обыкновенно ковш начинают разогрѣвать, когда печь уже завалена.

## ГЛАВА ДВѢНАДЦАТАЯ.

### Запоры.

Запоры дѣлаютъ изъ круглаго желѣза діаметромъ въ 2". Первый запоръ, которымъ разливаютъ сталь при обыкновенныхъ условіяхъ, дѣлаютъ съ прямоугольнымъ отверстіемъ для чеки въ короткомъ колѣнѣ, на томъ мѣстѣ его, которое входитъ въ выемку поползушки; кромѣ чеки первый запоръ прикрѣпляется къ поползушкѣ помощью болта; второй запоръ прикрѣпляется только помощью одного болта. Въ нижней части длиннаго колѣна запора имѣется отверстіе съ винтовой нарѣзкою для болта, которымъ прикрѣпляется глиняная пробка къ запору (см. чер. 94).

Прежде всего выбираютъ пробку и стаканъ, близко подходящіе другъ къ другу по размѣрамъ, притираютъ ихъ, для достиженія возможной герметичности затвора и помѣщаютъ стаканъ въ отверстіе дна въ ковшѣ, а пробку привинчиваютъ къ соответственному запору, тщательно заполняя щели между винтомъ и пробкою густою глиною, что называютъ «чеканкой» запора.

Когда стаканъ и пробка на мѣстѣ, то *провѣряютъ* запоръ, для чего помѣщаютъ его въ ковшъ, закрѣпивъ короткое колѣно въ поползушкѣ и поднимаютъ при помощи ручки; если при опусканіи запора пробка падаетъ на свое мѣсто, то-есть вполне закрываетъ отверстіе стакана, то запоръ хорошъ; если же пробка не доходитъ до отверстія или заходитъ дальше, къ серединѣ ковша, то запоръ вынимаютъ, нагрѣваютъ короткую горизонтальную часть его въ печи до свѣтло-краснаго цвѣта, опять ставятъ въ ковшъ и притягиваютъ руками нижній конецъ его такъ, чтобы пробка приходилась какъ разъ надъ отверстіемъ стакана. Провѣряютъ запоры необходимо послѣ каждой плавки, потому что они измѣняютъ форму отъ дѣйствія высокой температуры.

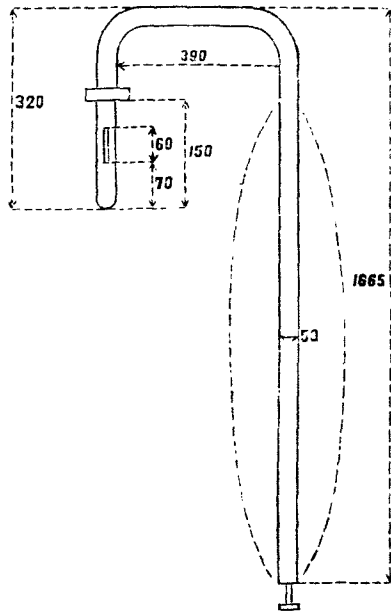
Когда запоры провѣрены, обмазываютъ глиною все длинное колѣно ихъ отъ пробки до горизонтальнаго изгиба, какъ показано на чер. 95 пунктиромъ, и высушиваютъ ихъ въ тепломъ мѣстѣ (на задней сторонѣ печи, около холодильника), но ни въ какомъ случаѣ не при огнѣ. Когда глина высохнетъ, на ней появляются трещины, которыя задымляютъ густою глиною и обмазываютъ все колѣно жидкою глиною; когда послед-

няя высохнуть, запоры можно ставить въ ковши. Какъ при первомъ, такъ и при второмъ просушиваніи запоровъ, ихъ ставятъ пробками вверхъ, чтобы дать высохнуть лучше нижней части запора, которая обмазана болѣе толстымъ слоемъ глины.

Съ обмазанными запорами обращаются крайне осторожно, такъ какъ отъ сколько нибудь чувствительнаго толчка глина отпадаетъ и запоръ приходится смазывать вновь, при чемъ онъ не успѣетъ высохнуть до плавки. Въ виду этого всегда имѣется вторая пара смазанныхъ и высушенныхъ запоровъ, которые служатъ для запаса.

Чер. 95.

Чер. 94.



Если во время разливанія стали запоръ не плотно запираетъ отверстіе стакана, то замѣчаютъ по струѣ стали, съ которой стороны онъ больше течетъ и стараются подать его въ ту сторону при помощи длиннаго крючка. Разъ запоръ навели на мѣсто, онъ уже до конца разливанія запираетъ плотно отверстіе, такъ что чаще всего случается на одной, двухъ первыхъ изложницахъ не полное запираніе, а на слѣдующихъ — запоръ дѣйствуетъ исправно.

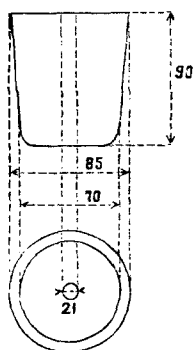
Послѣ плавки запоры вынимаютъ, тотчасъ же поливаютъ водою для охлажденія, отбиваютъ глину отъ стержня, вторично охлаждаютъ водою уже одинъ стержень, отбиваютъ пробку, вывинчиваютъ болтъ и запоръ

можетъ идти сейчасъ же въ дѣло. На первомъ запорѣ головка болта почти всегда сгораетъ такъ, что онъ не годится вторично въ дѣло, между тѣмъ какъ на второмъ болтѣ всегда идетъ вторично въ дѣло, если только не разливали этимъ запоромъ. Когда желѣзные стержни остынутъ вполне, къ нимъ вновь привинчиваютъ пробки и провѣряютъ по ковшѣ.

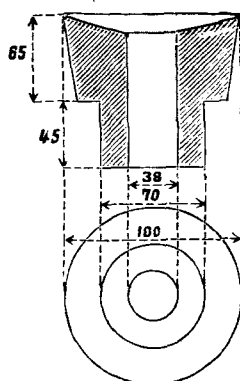
Если пробка слаба (не хорошо сформована), а сталь горяча, то первая не выстаиваетъ до конца плавки, трескается, отпадаетъ и обнажаетъ такимъ образомъ нижнюю часть желѣзнаго стержня запора, который при этомъ расплавляется и въ слѣдующій разъ не годится, такъ что его замѣняютъ новымъ.

Стаканы и пробки дѣлаютъ изъ шамота въ деревянныхъ формахъ,

Чер. 96.



Чер. 97.



прессуютъ, сушатъ и сильно обжигаютъ; они показаны въ чер. 96 и 97.

Они должны хорошо выдерживать высокую температуру расплавленной стали и порча одного изъ нихъ можетъ повлечь къ потерѣ части, или даже всей плавки.

## ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

### Изложницы.

Изъ ковша сталь разливаютъ въ чугунныя изложницы, въ которыхъ она застываетъ, послѣ чего изложницу снимаютъ съ образовавшейся болванки, зацѣпляютъ послѣднюю клещами, или дѣлю, вынимаютъ изъ канавы, даютъ немного остыть, взвѣшиваютъ, отмѣчаютъ номеръ плавки и всѣ болванки мѣломъ, или клеймомъ и отправляютъ по назначенію, или откладываютъ въ запасъ.

Смотря по назначенію болванокъ, соотвѣтствующія имъ изложницы бываютъ *разборныя и сплошныя*.

а) **Разборныя изложницы** состоятъ изъ двухъ половинокъ, стягиваемыхъ хомутами (кованными), которые укрѣпляются помощью подкладокъ и стальныхъ клиньевъ. Въ собранномъ видѣ поперечное сѣченіе такихъ изложницъ представляетъ прямоугольникъ съ округленными углами, при чемъ по всей высотѣ оно одинаково; этотъ родъ изложницъ служитъ исключительно для отливки листовыхъ болванокъ, почему и называется *листовыми изложницами* (см. отд. VI, гл. XIV).

б) **Сплошныя изложницы** бываютъ квадратнаго, съ округленными углами, сѣченія и восьмиграннаго. Размѣры сѣченій уменьшаются снизу вверхъ, такъ что они представляютъ усѣченные, квадратныя пирамиды съ округленными ребровыми углами или же усѣченныя восьмигранныя пирамиды.

1) **Восьмигранныя изложницы** служатъ для отливанія болванокъ, предназначенныхъ для валовъ и бандажей; первыя — вѣсомъ самыя большія, а вторыя — самыя маленькія.

Если внутреннее разстояніе между параллельными стѣнками изложницы принять за ширину, то ниже приведены размѣры изложницъ, которыя отличались продолжительностью срока службы.

**Таблица XV.**

	Высота.	Ширина.		Толщ. стѣнок.		Размѣры уха.		
		Внизу.	Вверху.	Внизу.	Вверху.	Толщ.	Высота.	Ширин.
Для валовъ . . . . .	60	17	15	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3	1	6	6
"	60	22	19	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3	1	6	6
"	60	25	23	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3	1	6	6
"	87	27	25	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	8	7
Для бандажей . . . . .	22	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4
"	19 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	13 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4
"	26	15 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	14 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5
"	Раз	мѣ	ры	въ	дю	и	ма	хъ.

2) **Квадратныя изложницы** служатъ для отливки рельсовыхъ, балочныхъ, осевыхъ и фасонныхъ болванокъ. Онѣ бываютъ открытыя и закрытыя, или глухія; первыя служатъ преимущественно для отливки кислой стали, а вторыя, наполняемыя снизу, для основной стали.

Размѣры верхняго и нижняго поперечнаго сѣченія — различны, по причинѣ призматической формы изложницъ, которыя носятъ названіе соотвѣственно размѣрамъ нижняго сѣченія; такъ, напр., четырнадцатидюймовыми изложницами называютъ такія, которыхъ нижнее сѣченіе имѣетъ размѣры: 14" × 14".

Вотъ размѣры употребительнѣйшихъ видовъ изложницъ:

Таблица XVI.

Изложницы.	Высота.	Размѣры попер. сѣчен.		Толщ. стѣн.	Приливъ для ушка.			Ушко.			
		Нижняго.	Верхняго		По срезу.	У скругл. угловъ.	Высота.	Ширина.	Толщина.	Толщина.	Ширина.
Закрытыя . .	35 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	6 × 6	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	5	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3/4	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
"	35 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8 × 8	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	5	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3/4	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1
"	42 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9 × 9	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	5	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3/4	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4
Открытыя . .	52 и 42 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> × 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	5	5	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3/4	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
"	50	11 × 11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5	6	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3/4	5	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
"	53	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> × 12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> × 10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5	7	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3/4	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5
"	57 и 54	13 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> × 13 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	6	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3/4	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5
"	53 и 48	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> × 12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3/4	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>

Нижній край изложницъ долженъ быть ровно подрубленъ, чтобы онъ плотно прилегалъ къ поддонку. Вверху изложницы, на двухъ противоположныхъ сторонахъ ея, имѣются приливы для ушекъ, которыя залиты въ тѣло изложницы въ верхнемъ краю ея; онѣ сдѣланы изъ круглаго желѣза и служатъ для зацѣпленія при установкѣ изложницъ.

Вмѣсто ушекъ для зацѣпленія изложницъ дѣлають въ верхней части послѣднихъ квадратныя выемки, глубиною около 1 дюйма, расположенныя на двухъ противоположныхъ стѣнкахъ изложницы. Въ эти выемки входятъ концы крючковъ цѣпей, при помощи которыхъ снимають изложницу съ болванки.

Поддонки имѣють форму прямоугольныхъ, или квадратныхъ плитъ съ округленными углами и съ выступами на двухъ противоположныхъ сторонахъ; въ этихъ выступахъ имѣются отверстія, за которыя зацѣпляютъ крючками цѣпи при опусканіи и подниманіи поддонковъ. Размѣры квадратныхъ поддонковъ 22<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" × 22<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" × 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"; они служатъ для установки всѣхъ изложницъ, за исключеніемъ самыхъ большихъ (для валовъ).

Изложницы устанавливають слѣдующимъ образомъ: на ровное мѣсто въ литейной канавѣ опускають поддонокъ, чисто сметаютъ его поверхность и опускають на него изложницу, положеніе которой провѣряють по мѣркѣ, снятой предварительно съ ковша и такъ рассчитанной, чтобы стаяка ковша приходился на середину верхняго сѣченія изложницы. Нижнюю часть изложницы въ томъ мѣстѣ, гдѣ она соприкасается съ поддонкомъ,

обмазываютъ снаружи глиною для уничтоженія щелей на мѣстѣ стыка. Ушки изложницъ должны быть расположены параллельно рельсамъ, по которымъ движется телѣжка съ ковшомъ, чтобы ихъ не заливала струя стали при передвиженіи ковша отъ одной изложницы къ другой.

Прежде чѣмъ ставить изложницу на мѣсто, чистятъ ее внутреннюю поверхность, т. е. стальнымъ скребкомъ, въ видѣ лопатки, снимаютъ брызги стали и шлака, приставшія къ поверхности ее отъ предыдущихъ плавовъ.

Отъ долгаго употребленія на внутренней поверхности изложницъ образуются раковины, соотвѣтственно которымъ на поверхности болванокъ получаютъ бугры, не позволяющіе болванкѣ выходить изъ изложницы. Въ такихъ случаяхъ поднимаютъ краномъ болванку вмѣстѣ съ изложницей, которой ушко надѣваютъ на *собачку*, передвигаютъ нижній крючекъ собачки, изложница падаетъ съ нѣкоторой высоты и болванка часто выходитъ изъ нея. Если же не удастся и такимъ способомъ выбить болванку, то остается разбить изложницу ударами бабы, причѣмъ и болванка чаще всего разбивается.

Если болванка вырастетъ и сталь поднимется, застывая выше краевъ изложницы, причѣмъ болванка удерживается только этими заливами, то послѣдніе обрубаютъ и болванку выбиваютъ съ собачки.

Прочность и продолжительность службы изложницъ зависитъ отъ состава чугуна, изъ котораго онѣ были отлиты. Подробности о составѣ чугуна для изложницъ приведены въ слѣдующей главѣ.

Скорѣе всего изнашиваются нижніе края изложницъ, отъ чего на нижнемъ концѣ болванокъ получаютъ болѣе или менѣе значительные бугры, которые портятъ полосы при прокатываніи (конецъ полосы получается пленистымъ и расщепленнымъ по длинѣ на нѣсколько футовъ). Такія изложницы слѣдуетъ исключать изъ употребленія. Кромѣ того, на стѣнкахъ старыхъ изложницъ образуются трещины, въ которыя проходитъ сталь и послѣ остыванія не позволяетъ болванкѣ выходить изъ изложницъ.

Чтобы увеличить срокъ службы изложницъ, нужно ихъ снимать съ болванокъ какъ только послѣднія застынутъ, для чего достаточно промежутка времени въ 15—20 м. послѣ отливанія. Если долго оставлять изложницы на болванкахъ, то онѣ нагрѣваются отъ послѣднихъ до свѣтло-краснаго цвѣта, что даже при соотвѣтственномъ составѣ чугуна уменьшаетъ срокъ службы изложницъ.

## ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.

## О составѣ чугуна для изложницъ.

Для приготовления изложницъ требуется возможно болѣе прочный чугунъ, т. е. богатый углеродомъ и бѣдный вредными примѣсями. На практикѣ выработаны нижеприведенные предѣлы химическаго состава \*), при которомъ чугунъ отвѣчаетъ цѣли:

Si . . . . .	1,50—3,50%	S . . . . .	0,075 %	} высшіе предѣлы.
Mn . . . . .	0,60—1,20 »	P . . . . .	0,125 »	
C . . . . .	3,50—4,40 »	Cu . . . . .	0,125 »	

Количество кремнія и марганца можно регулировать соотвѣтственную шихтою вагранки. Высшее содержаніе марганца предпочтительно тамъ, гдѣ работаютъ на коксѣ, богатомъ сѣрою, такъ какъ часть послѣдней соединяется съ марганцемъ и уходитъ въ шлакъ. Содержаніе углерода можетъ колебаться между 3,5 и 4,4%; въ этихъ предѣлахъ углеродъ не переходитъ въ аморфный видъ, что обуславливаетъ твердость и хрупкость чугуна, а выдѣляющійся графитъ равномерно распредѣляется въ видѣ мелкихъ кристалловъ. Крупность зерна въ чугунѣ не имѣетъ никакого значенія, хотя на практикѣ предпочитаютъ крупно зернистый чугунъ на томъ основаніи, что крупные кристаллы могутъ служить указаніемъ на полученіе чугуна при высшей температурѣ, а потому позволяютъ предполагать въ немъ низкое содержаніе сѣры. Вышеуказанныя количества S, P и Cu въ чугунѣ не представляютъ никакихъ затрудненій при доменномъ производствѣ. Весь фосфоръ и вся мѣдь, заключающіеся въ шихтѣ доменной печи переходятъ сполна въ чугунъ, а потому могутъ быть легко вычислены, а полученіе бѣднаго сѣрою чугуна при основныхъ доменныхъ шлакахъ и высокой температурѣ не затруднительно въ настоящее время. Столь-же вредное вліяніе на чугунъ для изложницъ, какъ сѣра, оказываетъ и мышьякъ, который къ сожалѣнію не выдѣляется при доменной плавкѣ, какъ прежде предполагалось. Около  $\frac{1}{3}$  ч. количества мышьяка въ шихтѣ доменной печи переходитъ въ шлакъ, а въ доменныхъ газахъ нѣтъ и слѣдовъ мышьяка поэтому  $\frac{2}{3}$  ч. его переходятъ въ чугунъ. Въ чугунѣ для изложницъ можно допустить сумму содержанія сѣры и мышьяка не выше 0,075 %.

При полученіи хорошаго чугуна для изложницъ очень важна соотвѣтственная переплавка его въ вагранкѣ. Мало составить подходящую шихту изъ чистыхъ матеріаловъ, надо еще и получить по ней чистый чугунъ. Вреднѣ всего перегрѣвъ расплавленнаго чугуна въ вагранкѣ, такъ

\*) О. Зиммербахъ. Stahl und Eisen. 1899 г. стр. 10.

какъ послѣдній при этомъ поглощаетъ кремній изъ печной кладки, а такой кремній оказываетъ особенно вредное вліяніе на продолжительность срока службы изложницъ. Кремній этотъ обуславливаетъ мѣстныя выдѣленія графита, который не распредѣляется равномерно по всей массѣ чугуна, а собирается въ отдѣльныхъ мѣстахъ въ видѣ пятенъ, уменьшая прочность послѣдняго. На практикѣ не безъ извѣстныхъ случаевъ, что изложницы съ  $2\frac{1}{2}\%$  Si не выдерживаютъ 20-го плавока, между тѣмъ какъ другія изложницы съ высшимъ содержаніемъ кремнія выдерживаютъ большее число плавоковъ. Разница эта зависитъ отъ различнаго происхожденія кремнія: изъ шихты онъ безразличенъ, а изъ кирпичной кладки стѣны—очень вреденъ, такъ какъ указываетъ на перегрѣвъ чугуна въ вагранкѣ. Химическимъ анализомъ очень легко опредѣлить, если чугунъ перегрѣтъ въ вагранкѣ, такъ какъ содержаніе въ немъ кремнія выше, чѣмъ слѣдуетъ по расчету шихты.

Сѣра несравненно вреднѣе кремнія. Къ сожалѣнію въ чугунолитейныхъ рѣдко опредѣляютъ содержаніе сѣры въ коксѣ. Содержащаяся въ коксѣ сѣра должна быть вполне нейтрализована, вышеупомянутымъ введеніемъ марганца въ шихту, при соответственномъ основаніи шлакахъ. Переходящая въ чугунъ сѣра во время плавки въ вагранкѣ обуславливаетъ переходъ углерода въ изложницахъ въ аморфное состояніе, уменьшая одновременно общее содержаніе углерода въ чугунѣ, помимо извѣстнаго факта поглощенія чугуномъ углерода изъ кокса. Такъ напр. изъ чугуна съ 0,05% S и 4% C получились изложницы съ 0,27% S и 2,8% C, вслѣдствіе перехода сѣры кокса въ чугунъ. Если въ изложницѣ содержится около 0,1% S, то она не служитъ долго, а если содержаніе сѣры возрастаетъ до 0,15% и выше, то чугунъ становится красноломкимъ, т. е. теряетъ при нагрѣваніи связь частицъ, на изложницѣ образуются трещины и она распадается. Очень малые количества сѣры вредятъ свойствамъ чугуна, 2 ч. S приносятъ ему больше вреда, нежели 25 ч. другихъ элементовъ. Дюрр<sup>\*)</sup> говоритъ, что «самою вредною составною частью кокса является сѣра, которая не только обуславливаетъ красноломкость ковкаго желѣза и стали, но и вліяетъ на красноломкость чугунныхъ отливокъ. Она можетъ быть сдѣлана почти безвредною въ присутствіи марганца и соответственной прибавкой известковаго флюса, но лучше по возможности избѣгать введенія ея въ шихту».

Изъ вышесказаннаго видно, что незнаніе количества сѣры въ коксѣ можетъ испортить лучший чугунъ для изложницъ.

Хорошій литейный коксъ имѣется въ Вестфалии (въ Дортмундскомъ Гор. окр.) округѣ содержаніе сѣры въ которомъ до 1,1%; Верхне-Силезскій коксъ

\*) Handbuch des Eisengiessereibetrieb изд II стр. 566.



хуже, такъ какъ въ немъ содержаніе сѣры колеблется отъ 0,7 до 2%, нашъ донецкій коксъ содержитъ 1,3% S (Камен. зав.) при 6,2% золы.

Фосфоръ дѣйствуетъ подобно сѣрѣ, но гораздо слабѣе. Изложницы съ содержаніемъ 0,125% P не даютъ трещинъ, если онѣ не содержатъ другихъ примѣсей. Но при содержаніи фосфора въ 0,18% и выше получаются изложницы, которыя очень скоро изнашиваются.

Плохо служили изложницы ниже приведеннаго состава:

	I.	II.
Si . . .	2,37 %	не опред.
Mn . . .	0,45 »	0,88 %
P . . .	0,217 »	0,187 »
S . . .	0,066 »	0,065 »
C . . .	неопред.	3,66 »

Содержаніе фосфора въ изложницахъ зависитъ главнымъ образомъ отъ содержанія его въ шихтѣ вагранки, но кромѣ того фосфоръ можетъ переходить при плавлѣ въ вагранкѣ изъ кокса, такъ какъ весь фосфоръ золы кокса почти всегда поглощается чугуномъ.

Мѣдь дѣйствуетъ подобно фосфору. Содержаніе ея ниже 0,125%, не отзывается вредно на качествахъ чугуна, но лучше избѣгать ея присутствія, особенно вслѣдствіе склонности мѣди удерживать сѣру въ чугунѣ. Содержаніе мѣди въ изложницахъ зависитъ только отъ присутствія ея въ литейномъ чугунѣ.

Относительно марганца ошибоченъ взглядъ, что содержаніе его въ изложницахъ около 1% вредно. Напротивъ того, изложницы съ 1% Mn долже служить нежелі съ 0,5% Mn, если въ нихъ около 0,09% S, такъ какъ марганецъ нейтрализуетъ краснотомкость зависящую отъ присутствія сѣры. Если въ изложницахъ содержится 2,5% Si, то полезно вводить больше 0,75% Mn, между тѣмъ какъ меньше марганца должно быть въ чугунѣ, если въ немъ находится 1,5—2,5% Si. Отъ одновременнаго присутствія этихъ элементовъ зависитъ состояніе углерода въ чугунѣ, такъ напр. при малыхъ количествахъ кремнія и большихъ—марганца, больше углерода переходитъ въ аморфное состояніе, что вредитъ прочности чугуна въ изложницахъ.

Содержаніе углерода въ изложницахъ можетъ колебаться отъ 3,3—4,4%. Однако при изготовленіи большихъ, тяжелыхъ изложницъ слѣдуетъ ограничиться 3,5% C, такъ какъ въ толстыхъ стѣнкахъ такихъ изложницъ, графитъ можетъ выдѣляться въ видѣ крупныхъ кристалловъ при большомъ содержаніи углерода.

Напротивъ того, въ малыхъ изложницахъ, толщина стѣнокъ которыхъ незначительна, желательно около 4,4% C, такъ какъ при этомъ получается плотный и мелкозернистый чугунъ.

Различное вліяніе разнороднаго состава чугуна лучше всего видно изъ нижеприведенныхъ данныхъ анализовъ изложницъ, которые отличались особенно продолжительнымъ срокомъ службы, такъ какъ выдержали около 250 плавокъ.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Si . . .	2,65 %	1,66 %	2,80 %	2,82 %	2,16%
Mn . . .	1,00 »	0,55 »	0,83 »	0,83 »	0,73 »
P . . .	0,064 »	0,054 »	0,12 »	0,12 »	0,06 »
S . . .	0,061 »	0,043 »	0,04 »	0,04 »	0,05 »
Сп . . .	—	0,072 »	0,065 »	0,065 »	0,12 »
C . . .	—	3,45 »	4,40 »	—	—

Главная причина разногласія во взглядахъ на химическій составъ чугуна для изложницъ зависитъ отъ недостатка изслѣдованія *одновременнаго* вліянія *всѣхъ* примѣсей чугуна. Если бы эти изслѣдованія были сдѣланы раньше, то уже утвердился бы болѣе правильный взглядъ на составъ чугуна для изложницъ.

Условія, которымъ подвержены изложницы при переменномъ, послѣдовательномъ нагреваніи и охлажденіи, требуютъ не только хорошаго матеріала, но и тщательной формовки и отливки, а также соответственнаго ухода при отливкѣ стали.

При отливкѣ изложницъ прежде всего необходимо придавать послѣднимъ соответственную толщину стѣнокъ, такъ какъ изъ двухъ изложницъ съ одинаковымъ химическимъ составомъ, та скорѣе даетъ трещины, толщина стѣнокъ которой менѣе значительна. Въ нижеприведенной таблицѣ указана толщина стѣнокъ различной величины изложницъ, которые на практикѣ оказались хорошими и примѣняются почти повсѣмѣстно въ Германіи, между тѣмъ какъ въ Англіи примѣняютъ изложницы съ болѣе толстыми стѣнками.

Вѣсъ изложницы въ пудахъ:	ТОЛЩИНА СТѢНОКЪ.	
	въ миллиметрахъ:	въ дюймахъ:
до 21	60 — 50	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> — 2
отъ 30 — 43	65 — 55	2 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> — 2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
» 43 — 60	70 — 60	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> — 2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>
» 60 — 90	85 — 75	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> — 3
» 90 — 120	90 — 80	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> — 3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
» 120 — 180	105 — 95	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> — 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
» 180 — 300	120 — 110	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> — 4 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>
» 300 — 600	140 — 130	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> — 5 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
» 600 — 780	180 — 165	7 — 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>

Дальше необходимо возможно лучшее просушиваніе заформованныхъ опокъ, такъ какъ при малѣйшихъ слѣдахъ влажности отлитый чугуунъ кипитъ, что вызываетъ неплотность отлитыхъ изложницъ. Для отливки большихъ изложницъ чугуунъ долженъ быть по возможности охлажденъ, для малыхъ онъ можетъ быть горячѣе. Отливать изложницы лучше сверху, при чемъ онѣ должны быть заформованы дномъ вверхъ. Отлитыя изложницы должны остывать постепенно; лучше всего сутки не разминать опокъ и не вывозить послѣднихъ на дворъ до разтема и очистки изложницъ.

Очень важно также обращеніе съ изложницами въ сталелитейной. Пошероштанное нагрѣваніе и охлажденіе изложницъ вызываетъ постепенное измѣненіе строенія, и увеличеніе объема и измѣненіе формы изложницъ, что влечетъ за собою наконецъ разрывъ послѣднихъ. Неравнобѣрное охлажденіе различныхъ частей изложницъ ускоряетъ вышеприведенныя вредныя перемѣны. Напр., если поливать изложницу водою, то поверхностные слои ея сжимаются, а внутренніе расширяются отъ горячей болванки, очевидно что это самыя подходящія условія для образованія трещинъ. Неравнобѣрное охлажденіе часто является причиною кратковременности службы изложницъ. При неравнобѣрномъ охлажденіи лучшія изложницы выдерживаютъ немного плавкокъ.

Все вышесказанное очень важно для стального производства, такъ какъ кратковременная служба изложницъ для отливки стали значительно удорожаетъ стоимость производства стали.

## ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.

### О порокахъ болванокъ.

Приведенныя въ предыдущей главѣ данныя Зиммербаха объ изложницахъ важны еще и въ отношеніи качества стальныхъ болванокъ, такъ какъ при соблюденіи указанныхъ имъ условій не только срокъ службы изложницъ увеличится, но и самыя изложницы останутся болѣе пригодными къ дѣлу. При кратковременной службѣ изложницъ обыкновенно стараются помочь дѣлу тѣмъ, что льютъ сталь въ такія изложницы, которыя давно уже должны быть забракованы, такъ какъ внутренняя поверхность ихъ, особенно внизу, сильно разъядена, содержитъ значительныя не величинъ и глубинъ выемки и трещины. На сколько вредно отзывается отливка въ такія изложницы и вообще, несовершенная отливка стали на свойствахъ болванокъ при дальнѣйшей ихъ обработкѣ, видно изъ из-

слѣдованій П. Робинсонъ-Питсбурга \*), которая онъ производилъ надъ прокаткою стальныхъ болванокъ.

При прокаткѣ онъ различаетъ четыре рода наружныхъ пороковъ въ болванкахъ:

I. Большія глубокія V-образныя трещины съ острыми краями появляются на всѣхъ четырехъ сторонахъ болванки, на различномъ другъ отъ друга разстояніи и отъ верху до низу болванокъ. Такого рода трещины часто являются на болванкахъ съ трудомъ выбитыхъ изъ изложницъ. Болванки эти большею частью содержатъ на поверхности морщины, плены и неровности, которыя зависятъ отъ разбѣденной поверхности старыхъ изложницъ. Для устраненія этого недостатка слѣдуетъ исключать изъ употребленія старыя изложницы.

II. Значительное число круглыхъ ямокъ на тѣхъ сторонахъ болванки, которыя не сжимаются въ первомъ обжимномъ ручьѣ. Они иногда закатываются при дальнѣйшей прокаткѣ, но большею частью лишь увеличиваются по размѣрамъ и числу; при дальнѣйшей обработкѣ онѣ являются въ серединѣ болванокъ. Причину ихъ Робинсонъ-Питсбургъ предполагаетъ въ отливкѣ слишкомъ горячей стали, такъ какъ эти пороки чаще всего являются на первыхъ изъ отлитыхъ болванокъ. Длиныя болванки катятся плохо, а короткія—хорошо отъ одной и той же плавки.

III. Малыя трещины, края которыхъ обладаютъ зазубринами; онѣ наблюдаются на одномъ или двухъ углахъ болванки, а не на плоскихъ сторонахъ послѣдней. Иногда трещины эти покрываютъ углы болванки въ видѣ чешуи. Причина ихъ образованія состоитъ въ недостаточномъ нагрѣвѣ одного или больше края болванки.

IV. Плены, встрѣчающіяся какъ на сторонахъ, такъ и на углахъ болванокъ, являются слѣдствіемъ плохого отливанія болванокъ. При дальнѣйшей прокаткѣ плены часто отпадаютъ, но иногда плотно привариваются къ прокатываемой полосѣ и портятъ издѣлія. Для правильнаго отливанія болванокъ необходимо согласовать діаметръ стакана въ разливочномъ ковшѣ съ сѣченіемъ болванки и количествомъ отливаемой за разъ стали.

V. Существуетъ еще одинъ недостатокъ, о которомъ не упоминаетъ Робинсонъ вѣроятно потому, что онъ мало вреденъ и очень распространенъ; онъ состоитъ въ томъ, что вся поверхность болванокъ отлитыхъ сверху покрыта массою мелкихъ свищей. Болванки отлитыя снизу не обладаютъ этимъ недостаткомъ, а потому катятся гораздо лучше первыхъ. Одедштёрна говоритъ, что этотъ недостатокъ зависитъ отъ разливанія слишкомъ горячей стали.

\*) The Iron Age. 1895 г.

## ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ.

## Холодная плавка.

Если по пробѣ сталь готова, но недостаточно горяча, то ее не слѣдуетъ выпускать, а необходимо предварительно подогрѣть; для этой цѣли примѣняются первые номера (по англійской нумераціи) гематитовыхъ чугуновъ, богатыхъ углеродомъ (до 3,8%) и кремніемъ (до 3%). Большую часть для подогрѣванія примѣняютъ тотъ же самый чугунъ, который идетъ какъ добавочный при окончаніи плавки.

Отъ 4% до 5% такого чугуна кладутъ на окна печи, подогрѣваютъ до тѣхъ поръ, пока онъ начнетъ плавиться, и сталкиваютъ въ ванну. Спустя 10—20 мин. ванна начинаетъ кипѣть, сначала тихо (на поверхности ея появляются рѣдкіе и небольшіе пузыри бѣлаго цвѣта), а потомъ сильнѣе. Во время кипѣнія температура стали повышается и когда ванна прокипитъ 15—20 мин., ее перешибиваютъ и берутъ пробу, къ которой, однако, слѣдуетъ относиться очень осторожно и, несмотря на то, что по данной пробѣ слѣдовало бы кончать плавку, необходимо взять еще одну пробу. Почти всегда при этомъ случается, что вторая проба тверже первой. Только когда двѣ послѣдующія пробы согласны между собою (т. е., послѣдующая проба мягче предыдущей), можно кончать плавку, т. е. класть на окно для подогрѣванія добавочные матеріалы, если при этомъ окажется, что сталь достаточно горяча. Когда чугунъ подогрѣтъ, его сталкиваютъ въ ванну, перешибиваютъ и берутъ на ложку пробу стали, если она достаточно горяча, то подогрѣваютъ ферромарганецъ, сталкиваютъ въ ванну, перешибиваютъ, опять берутъ пробу на ложку и выпускаютъ плавку. Но если послѣ перешибиванія чугуна сталь окажется недостаточно горячею для разливанія, то не подогрѣваютъ ферромарганца, а опять даютъ стали закипѣть, берутъ пробы и снова прибавляютъ 4% чугуна, послѣ перешибиванія котораго обыкновенно сталь бываетъ достаточно горячею для прибавленія ферромарганца и разливанія ея. По большей части прибавляютъ одинъ, или два раза чугунъ для подогрѣванія стали, но на старыхъ печахъ, при послѣднихъ плавкахъ случается разъ пять прибавлять чугунъ, что, впрочемъ, прямо указываетъ на необходимость погасить и ремонтировать печь.

Въ подобныхъ случаяхъ приходится выпускать холодную сталь, которую на новой печи непременно слѣдовало бы подогрѣть, но на старой—этого нельзя достигнуть по недостатку газа. При выпусканіи холодной стали слѣдуетъ обращать особенное вниманіе на пробу въ стаканчикѣ, послѣ перешибиванія стали съ ферромарганцемъ. Очень часто эта проба вырастаетъ, а слѣдовательно и въ изложницахъ сталь будетъ расти. Во избѣ-

жаніе этого лучше всего вмѣстѣ съ ферромарганцемъ прибавлять 0,25—0,5% ферросилиція, отъ котораго сталь стынетъ ровно, не вырастая.

Если помимо всѣхъ предосторожностей сталь растетъ въ изложницахъ, то для прекращенія роста льютъ холодную воду на поверхность болванокъ, какъ только онѣ покроются коркою застываемаго металла. Ростъ стали начинается послѣ образованія корки, которая разрывается въ одномъ какомъ-либо мѣстѣ (обыкновенно близъ угла болванки) и жидкая сталь вытекаетъ на поверхность застывшей болванки, образуя бугоръ.

При холодномъ ходѣ печи слѣдуетъ обращать особенное вниманіе на задымливаніе отверстія; необходимо, чтобы послѣднее было достаточно велико, такъ какъ холодная сталь не раздѣдаетъ отверстія и при малыхъ его размѣрахъ течетъ слишкомъ тихо по желобу, отъ чего еще больше остываетъ, даетъ большую настыль въ ковшѣ и часто растетъ въ изложницахъ, хотя проба съ ферромарганцемъ до выпуска вовсе не расла.

Никогда не удастся разлить всю сталь при холодной плавкѣ, но болѣе или менѣе значительный остатокъ ея застываетъ на днѣ ковша, а часто и на его стѣнкахъ. Обстоятельство это сильно возвышаетъ цѣну стали, отлитой въ изложницы, такъ какъ цѣна настыли принимается равной  $\frac{1}{3}$  цѣны годной къ издѣліямъ стали, потому что изъ нея вычитаютъ цѣну топлива, рабочихъ рукъ, цеховыхъ и др. расходовъ, которые были затрачены понапрасну.

Кромѣ того, если въ ковшѣ образовалась настыль, то часто трудно бываетъ удалить ее оттуда, такъ что приходится задержать заваливаніе печи до тѣхъ поръ, пока ковшъ будетъ освобожденъ отъ настыли, а печь на это время ставятъ на *лежій газъ*, чтобы она не *горѣла*.

Хотя холодная сталь безусловно невыгодна въ экономическомъ отношеніи, но и она имѣетъ свои хорошія стороны, а именно: по своей плотности она очень хорошо выдерживаетъ прокатку, такъ что бракованныхъ полосъ изъ болванокъ холодныхъ плавковъ почти не получается, между тѣмъ, какъ изъ горячихъ плавковъ болванки даютъ около 3% брака. Объясняется это меньшимъ содержаніемъ газовъ въ холодныхъ плавкахъ. Этимъ обстоятельствомъ можно пользоваться при фасонныхъ отливкахъ, для изготовленія которыхъ слѣдуетъ разливать холодную сталь, чтобы уменьшить количество пузырей и пустотъ въ отливаемыхъ предметахъ.

При холодныхъ плавкахъ слѣдуетъ обращать вниманіе на ковшъ, который долженъ быть нагрѣтъ сильнѣе обыкновеннаго.

## ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ.

**Значительныя поврежденія набойки.**

Въ старую печь всегдапрохо дить меньше газа (см. гл. XVIII) отъ чего увеличивается продолжительность плавки, такъ какъ заваленные матеріалы плавятся дольше, чѣмъ на новой печи и періодъ кипѣнія продолжительнѣе (напр. для новой печи этотъ періодъ равенъ 2 ч.), а для старой, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ —  $3\frac{1}{2}$  — 5 ч.). Продолжительность кипѣнія вредно отзывается на устойчивости набойки: на поду образуются болѣе или менѣе глубокія ямы, а набойка откосовъ отрывается иногда до самыхъ кирпичей.

Разъѣданіе пода видно еще во время плавки, по всплывающимъ на поверхность стали кускамъ сварившагося песку, который оторвался отъ остальной набойки и всплылъ на поверхность, а на его мѣстѣ образовалась яма. Если сталь разъѣдаетъ откосъ, то на ея поверхности обыкновенно появляется родъ фонтана, т. е. ванна въ этомъ мѣстѣ кипитъ ключемъ (что происходитъ отъ соприкосновенія стали съ болѣе холодными частями откосовъ или пода, которая болѣе удалена отъ ванны и не такъ сильно нагрѣта).

Небольшія ямы замѣшиваютъ или вышескиваютъ, какъ было сказано выше (см. гл. IV стр. 148), но случаются ямы такой глубины, что для исправленія ихъ нужно примѣнять другой приемъ, а именно: когда отверстіе задѣлано, печь нагрѣваютъ, бросаютъ въ нее окалину для разжиженія шлака, а если сталь въ ямѣ перестала кипѣть, то прибавляютъ зеркальнаго, или гематитоваго чугуна для возобновленія кипѣнія; когда печь достаточно нагрѣлась и шлакъ сталь жидкимъ, пробиваютъ выпускное отверстіе, выпускаютъ шлакъ, вышескиваютъ скребками часть стали изъ ямы, а остальную вычерпываютъ большими ложками и выливаютъ къ выпускному отверстію, черезъ которое она вытекаетъ вмѣстѣ со шлакомъ. Если въ ямѣ осталось немного стали, то ее замѣшиваютъ скребками, бросая песокъ, и затвердѣвшіе комья вынимаютъ изъ печи. Если же въ ямѣ осталось еще много стали, то вышеописанную работу повторяютъ. Въ одинъ приемъ не всегда удается вышескать всю сталь, потому что она стынетъ и затягиваетъ отверстіе, въ виду чего прекращаютъ вычерпываніе стали, а отверстіе прочищаютъ и задѣлываютъ.

Очищенную отъ стали яму поправляютъ пескомъ въ нѣсколько приемовъ, каждый разъ приваривая хорошо вловъ насыпанный слой песка. Мѣсто, гдѣ была яма, дѣлаютъ нѣсколько выше остальной набойки, въ

томъ расцѣпѣть, что во время плавки оно уплотнится больше остальнаго пода и вновь получится на немъ яма, хотя и не глубокая.

Откосы раздѣдаются послѣ каждой плавки, но послѣ продолжительнаго кипѣнія случается настолько сильное раздѣданіе ихъ, что приходится нѣкоторыя мѣста наваривать вновь; работа эта производится еще тщательнѣе, чѣмъ наведеніе пода и начинается съ нижней части откоса, на которую насыпаютъ лопатки двѣ песку, такъ чтобы онъ плотно прилегалъ къ кирпичамъ, привариваютъ его и насыпаютъ второй слой, стараясь попасть немного выше того мѣста стѣнки, къ которому уже приварился песокъ, причемъ вновь насыпанная часть песку обсыпается внизъ, увеличивая одновременно высоту и толщину откоса, какъ сказано выше (см. гл. IV). Послѣ высушиванія раздѣденнаго мѣста, его тщательно очищаютъ отъ стали, разъ или два выпускаютъ шлакъ изъ печи, чтобы лучше отдѣлнить сталь отъ набойки и только послѣ этого приступаютъ къ наведенію новыхъ частей ея.

Самое неудобное поврежденіе пода—это раздѣданіе подъ окномъ набойки, потому что въ этомъ мѣстѣ песокъ труднѣе всего приваривается, по причинѣ постоянного охлажденія воздухомъ, попадающимъ снаружи въ печь черезъ зазоры между крышкою и стѣнками печи. На новой печи, при избыткѣ газа, охлажденіе это почти незамѣтно, но на старой—при недостаткѣ газа и плохой тягѣ всегда много наружнаго воздуха попадаетъ въ печь и сильно охлаждаетъ переднюю часть ея.

Чтобы достигнуть привариванія песка подъ окномъ уменьшаютъ величину завалки, такъ что передняя часть пода, какъ самая высшая остается непокрытой сталью и шлакомъ. Во время хода плавки температура печи повышается отъ самаго процесса и песокъ приваривается лучше, чѣмъ при порожней печи, такъ что послѣ одной, двухъ плавокъ опасное мѣсто подъ окномъ сваривается хорошо и можно опять увеличить завалку до прежняго вѣса. Уменьшаютъ завалку на  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{4}$  ея нормальной величины.

Хотя послѣ cadaго выпуска отверстіе прочищаютъ, удаляя изъ него, по возможности, всю сталь, однако въ нижней части его всегда остываетъ немного стали, которую удалить нельзя; изъ этихъ остатковъ, хотя и незначительныхъ, получается послѣ 20—30 плавокъ настылъ, которая постепенно подвигается внутрь печи отъ наружнаго выхода отверстія и послѣ 150—200 плавокъ доходить до середины пода; тогда ее приходится выламывать, потому что она уменьшаетъ величину отверстія и затрудняетъ его пробиваніе. Для этой цѣли выламываютъ ганистеръ, заполняющій рамку, чѣмъ открываютъ настылъ съ боковъ и является возможность выломать ее при помощи ломовъ и молота. Когда настылъ удалена изъ



печи, вновь набиваютъ отверстіе ганистеромъ по дереву, чтобы оно совпало съ нисшею точкою пода (см. гл. I).

Если отверстіе не хорошо прочищено до его задѣлыванія, такъ что въ немъ осталась застывшая сталь, или же оно было неудачно заброшено съ внутренней стороны, почему расплавленный чугуны, во время завалки, прошелъ въ отверстіе и застылъ въ немъ, то пробиваніе такого отверстія сопряжено съ большими затрудненіями. Ломы при пробиваніи или вовсе не проходятъ въ отверстіе, или, пройдя, отрываются при выбиваніи назадъ, потому что конецъ лома, прошедшій въ отверстіе, приваривается къ застывшей тамъ стали и отрывается. Въ такихъ случаяхъ отверстіе *отправляютъ* зеркальнымъ чугуномъ (см. гл. IX), или же выламываютъ снаружи часть ганистера и отрываютъ часть застывшей стали, такъ что ломъ легче проходить въ печь. Иногда направляютъ ломъ повыше настыли, отъ чего отверстіе выйдетъ выше обыкновеннаго и часть стали могла бы остаться въ печи, но она почти всегда при вытеканіи расплавляетъ настыль въ отверстіи и потому вся вытекаетъ изъ печи.

Уровень пороговъ оконъ поднимается отъ настывающаго на нихъ шлаку и песку, при ремонтѣ набойки, отъ чего поверхность ванны выходитъ слишкомъ низко, что затрудняетъ перемѣшиваніе стали, а въ особенности, взятіе пробы. Время отъ времени сбиваютъ при помощи ломовъ и молотковъ эти настыли; для чего острый конецъ лома упираютъ въ настыль, а по тупому ударяютъ молотомъ, придерживая его руками. Для лучшаго размягченія настыли ее посыпаютъ мелкимъ ферромарганцемъ, который получается при отсѣваніи болѣе крупныхъ кусковъ, идущихъ въ дѣло (они прибавляются въ плавку на ряду съ крупными кусками), а мелкій— вмѣстѣ съ соромъ примѣняется лишь случайно.

Крышки, выложенныя кирпичами, выстаиваютъ недѣли двѣ, три, а иногда и одинъ день, если они были плохо собраны. Какъ только одинъ кирпичъ выпадаетъ изъ своего мѣста нужно тотчасъ же смѣнять крышку, потому что за первымъ вскорѣ выпадутъ и слѣдующіе кирпичи и крышка расплавится въ обнаженномъ мѣстѣ, «прогораетъ». Негодную къ употребленію крышку замѣняютъ новою слѣдующимъ образомъ. Передъ печкою кладутъ роликъ (круглый ломъ), на него концы двухъ лопатокъ (для завалки свинокъ чугуна), на которыхъ помѣщаютъ крышку кирпичемъ вверхъ, поднимаютъ другіе концы лопатокъ и передвигаютъ по нимъ новую крышку вплоть до старой, поднимаютъ вверхъ край (новой крышки съ ушками) и когда она приметъ вертикальное положеніе, опускаютъ конецъ рычага, на которомъ подвѣшена старая крышка, отсѣвливаютъ крючки отъ ушковъ ея и защѣпляютъ ихъ за ушки новой крышки, поднимаютъ ее немного при помощи рычага и вынимаютъ изъ подъ нея старую крышку кочергами, отодвигаютъ ее подальше отъ печи, даютъ

остыть, вынимаютъ старый, оплавленный кирпичъ и выкладываютъ (*набираютъ*) крышку новымъ кирпичемъ, послѣ чего ее опять пускаютъ въ дѣло, пока чугунная часть ея не прогоритъ окончательно. Если въ такой крышкѣ выгоритъ небольшое отверстіе, то его закладываютъ листкомъ и крышку выкладываютъ кирпичемъ какъ обыкновенно, пока она не дастъ трещинъ, по которымъ распадается. Чаще всего прогораетъ нижній выступъ крышки, на которомъ держатся всѣ кирпичи; его замѣняютъ полосой желѣза, которую кладутъ, или привинчиваютъ къ краямъ нижняго выступа, менѣе всего поврежденнымъ сгоранію.

## ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ.

### Старая печь и ея временный ремонтъ.

Средняя продолжительность кампаніи печи \*)—шесть, восемь мѣсяцевъ, а при послѣднихъ усовершенствованіяхъ болѣе года; вначалѣ печь обыкновенно работаетъ исправно, а затѣмъ ходъ ея становится все болѣе и болѣе холоднымъ по недостатку газа. Въ старую печь проходитъ меньше газа, чѣмъ въ новую, по слѣдующимъ причинамъ: въ 1-хъ, газопроводы засоряются сажею и смолою; во 2-хъ, каналы, приводящіе и отводящіе газъ и воздухъ, затекаютъ, суживаются и проходъ газовъ по нимъ затрудняется; въ 3-хъ, насадки сплавляются, прогораютъ и каналы подъ ними заполняются шлакомъ и сажею.

Первыя двѣ причины болѣе или менѣе легко устранимы на ходу печи, а третья—только послѣ полной остановки ея.

I. а) Сажа осаждается главнымъ образомъ внизу и вверху каменнаго столба и въ началѣ горизонтальной, газопроводной трубы. Для очистки сажи въ нижней части столба отодвигаются задвижки *колотцевъ* (см. Отд. I, гл. II), вводятъ въ нихъ, загнутый крючкомъ стержень и сгребаютъ имъ осѣвшую на стѣнкахъ сажу, которая падаетъ на раскаленный уголь и сгораетъ. Въ верхней части столба, называемой *шейкою*, счищаютъ сажу помощью кочерги, черезъ отверстіе вверху бака надъ столбомъ; сажа при этомъ частью падаетъ на задвижки, а частью проваливается прямо въ топку. Изъ газопроводной трубы сажу сгребаютъ при помощи скребка изъ листового желѣза, который вводятъ черезъ отверстіе въ бакъ надъ столбомъ, помѣщающееся на задней сторонѣ его, около откиднаго клапана; сажа падаетъ изъ трубы въ столбъ и въ топку.

\*) Построенной изъ хорошаго матеріала.

Чистка сажи во всѣхъ вышеуказанныхъ случаяхъ производится на ходу печи, не *выжигая* газа.

б) Смола собирается въ нижней части горизонтальной трубы, въ газовомъ люкѣ, а небольшая часть ея осаждается на перекидномъ клапанѣ газоваго аппарата. Последнее обстоятельство обуславливаетъ неплотное запираніе клапана и потерю газа, проходящаго прямо въ вытяжную трубу, въ которой замѣчается тотчасъ же выдѣленіе желтоватаго газа, что служитъ указателемъ неисправности аппарата. Какъ только замѣтно въ трубѣ выдѣленіе значительнаго количества газа (небольшое количество его выдѣляется всегда <sup>\*\*\*</sup>) необходимо очистить клапанъ отъ смолы выжиганіемъ послѣдней. Для этой цѣли запираютъ газовый клапанъ, помѣщающійся въ верхней части газовой коробки и открываютъ боковую дверцу въ цилиндрической части аппарата; оставшійся въ аппаратѣ газъ воспламеняется, какъ только придетъ въ соприкосновеніе съ воздухомъ, а затѣмъ загорается и смола; она выгораетъ на чисто, оставляя все таки осадокъ золы и сажи на клапанѣ, который счищаютъ желѣзными крючками, закрываютъ и замазываютъ глиною дверцу аппарата и вновь пускаютъ газъ въ печь. Выжиганіе клапана продолжается нѣсколько минутъ, но притокъ газа приходится прекращать на  $1\frac{1}{2}$ —1 ч. для выполненія всей вышеописанной работы, такъ что печь за это время замѣтно остываетъ. Какъ только въ нее вновь пустятъ газъ, печь скоро разогревается.

*Выжиганіе клапана* слѣдуетъ производить по крайней мѣрѣ разъ въ двѣ недѣли.

Смолу, собирающуюся въ трубѣ и люкѣ, чистятъ только послѣ погашенія печи, когда газопроводныя трубы остынутъ и смола въ нихъ затвердѣетъ; чистку, производятъ раза три-четыре въ годъ.

II. Газовые, а въ особенности воздушные каналы печи затекаютъ шлакомъ, который уносится токомъ газовъ изъ печи во время кипѣнія ванны въ видѣ мельчайшихъ шариковъ; вмѣстѣ со шлакомъ уносятся и мелкія частицы стали. Часть уносимыхъ изъ печи частицъ осѣдаетъ на стѣнкахъ каналовъ, а остальная часть переходитъ въ регенераторы. Скопляющійся на стѣнкахъ каналовъ шлакъ способствуетъ плавленію кирпича, изъ котораго состоятъ послѣднія, отъ чего въ нижнихъ частяхъ каналовъ образуются натеки, значительно суживающіе поперечное сѣченіе каналовъ и затрудняющіе проходъ газовъ.

Для ремонта каналовъ запираютъ газъ на 10—12 час., проламываютъ наружныя стѣнки ихъ, отбиваютъ натеки и снова задѣлываютъ каналы кирпичемъ. Слѣдуетъ, однако, обращать вниманіе, чтобы при этой работѣ

\*\*) При перекидныхъ аппаратахъ.

возможно меньше мусору попадало черезъ отверстіе каналовъ въ регенераторы, потому что онъ засоряетъ насадки и каналы подъ ними, что еще болѣе затрудняетъ доступъ газа \*).

Иногда прогораютъ наружныя стѣнки каналовъ, такъ что въ какомъ либо мѣстѣ ихъ газъ проходитъ наружу печи и сгораетъ небольшимъ пламенемъ. Такое мѣсто легко задѣлать снаружи кирпичемъ; для чего немного ниже прогара укрѣпляютъ между рельсовыми стойками одинъ кирпичъ по длинѣ и на него, какъ на основаніе, кладутъ, тоже по длинѣ, два, три кирпича, обмазавъ ихъ глиною; такая задѣлка обыкновенно выстаиваетъ до погашенія печи.

III. Насадки въ регенераторахъ затекаютъ и сплавляются отъ шлака. уносимаго изъ печи газами, какъ сказано выше: причемъ главный токъ газовъ направляется непосредственно подъ отверстіе каналовъ внизъ, такъ что подъ этими отверстіями насадки прогораютъ сильнѣе всего и послѣ гашенія печи здѣсь образуются какъ бы колодцы, прогорѣвшіе до самыхъ нижнихъ каналовъ подъ насадками.

Сильнѣе прогораютъ насадки воздушныхъ камеръ, потому что въ послѣднія ведутъ три канала, сумма поперечныхъ сѣченій которыхъ = 621 кв. дм., а въ газовыя—два, съ суммою поперечныхъ сѣченій = 451 кв. дм., т. е. площадь поперечныхъ сѣченій, воздушныхъ каналовъ въ 1,4 раза больше площади газовыхъ, а потому въ воздушныя камеры попадаетъ въ полтора раза больше шлаку изъ печи, что обуславливаетъ болѣе быстрое изнашиваніе насадокъ этихъ камеръ. Въ послѣднее время воздушныя и газовыя камеры дѣлаютъ одинаковыхъ размѣровъ.

Перекладывать насадки можно только послѣ погашенія печи, такъ что ремонтъ регенераторовъ принадлежитъ къ капитальнымъ (большимъ ремонтамъ).

Для удержанія части шлака устраиваютъ, такъ называемые, уловители предъ входомъ каналовъ въ камеры. Въ этихъ уловителяхъ газы поворачиваютъ подъ прямымъ угломъ, причемъ частицы шлака не успѣваютъ переменить своего направленія движенія, какъ болѣе тяжелыя, и осаждаются на стѣнкахъ уловителей. Слѣдуетъ замѣтить, что дѣйствіе уловителей прекрасно, такъ какъ насадки при нихъ выстаиваютъ годъ и больше.

При перекладываніи насадокъ слѣдуетъ обращать особенное вниманіе на тщательную очистку каналовъ подъ насадками, потому что уцущеніе съ этой стороны влечетъ за собою неправильный ходъ печи въ продолженіи всей кампаніи ея (тяга въ печи затрудняется, что увеличиваетъ продолжительность плавки и ускоряетъ сгораніе самой печи).

\*) При уловительныхъ (см. ниже) только незначительная часть шлака попадаетъ въ насадки регенераторовъ.

При осторожной работѣ на печи, столбы между каналами и арки надъ ними могутъ простоять до 3-хъ мѣсяцевъ, а иногда и болѣе, т. е.  $\frac{3}{4}$  срока службы насадокъ. Но часто случается, что столбы и арки падаютъ раньше, если они были подожжены, что влечетъ за собою сгорание и паденіе свода. Во избѣжаніе этого печь останавливаютъ на 18—24 ч. и выкладываютъ новыя арки снаружи. Столбы можно ремонтировать только во время полной остановки печи, потому что ихъ приходится выкладывать изъ-внутри печи. Чтобы облегчить ремонтъ столбовъ и задней стѣнки до погашенія печи ошлаковываютъ набойку откосовъ и отчасти пода, т. е. сплавляютъ и переводятъ въ шлакъ наваренный на нихъ песокъ, что выполняютъ прибавленіемъ окаины (см. ниже), которая съ пескомъ даетъ легкоплавкій шлакъ (различные силикаты желѣза). Если предполагается ремонтъ цѣлаго пода, то при ошлаковываніи набойки слѣдуетъ удалить всю сталь, оставшуюся въ ней отъ ямъ, такъ какъ при выламываніи пода сталь эта требуетъ большой затраты рабочей силы.

Лучшимъ средствомъ для плаванія набойки пода слѣдуетъ признать желѣзную окаину, получающуюся при проковкѣ и прокаткѣ стали: она является основаніемъ, богатымъ кислородомъ и при высокой температурѣ разлагается на закись желѣза ( $FeO$ ) и кислородъ; первая, соединяясь съ кремнеземомъ, превращетъ набойку печи въ жидкій шлакъ, а второй энергично окисляетъ металлическое желѣзо, которое, такимъ образомъ, также шлакуется.

## ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ.

### Сталь для фасонныхъ отливокъ.

Изъ стали приходится отливать какъ очень крупныя издѣлія (вѣсомъ до 1.000 пуд. и болѣе), такъ и очень мелкія (въ 1 или нѣсколько фунтовъ вѣса); въ обоихъ случаяхъ требуется, чтобы: въ 1-хъ, отлитые предметы обладали ровной поверхностью безъ раковинъ и пленъ и по размѣрамъ были близки къ модели, во 2-хъ, чтобы сталь была плотною, т. е. послѣ отрѣзыванія литниковъ и прибылей въ массѣ стали не должно быть пузырей и пустотъ и въ 3-хъ, сталь должна отвѣчать извѣстнымъ техническимъ условіямъ, для чего она должна обладать опредѣленнымъ химическимъ составомъ.

Одинъ изъ главныхъ недостатковъ стальныхъ отливокъ состоитъ въ томъ, что отливка не точно отвѣчаетъ модели. Судя по чугуннымъ отливкамъ, ожидали получить такіе же точно изъ стали; это оказалось невыполнимо.

Расплавленная сталь остываетъ быстрее чугуна, даетъ большую, чѣмъ онъ усадку \*) (16—18 мм. на 1 м.) и потому въ стальныхъ отливкахъ больше усадочныхъ раковинъ чѣмъ въ чугунахъ. Изъ расплавленной стали выдѣляется въ опокахъ во время литья много газовъ, которые въ смѣси съ воздухомъ даютъ гремучій газъ. Вышеуказанные свойства стали можно нейтрализовать соответственнымъ выборомъ: формовочныхъ матеріаловъ, величиной литниковъ, прибылей и числомъ отдушникъ. Расположеніе литниковъ играетъ важную роль; большую часть отливокъ приходится отливать снизу проведеннымъ литникомъ.

Для наблюденія опокъ примѣняютъ или обыкновенный формовочный песокъ, покрывая его лишь вблизи модели слоемъ смѣси. или же всю опоку набиваютъ смѣсью изъ чистаго кварцеваго песку съ 2—5% огнеупорной глины. Въ первомъ случаѣ вся смѣсь теряется для послѣдующихъ отливокъ, а во второмъ — большую часть смѣси возможно собрать и примѣнять для новыхъ формовокъ. Матеріалами для составленія вышеуказанной смѣси служатъ: огнеупорная глина и чистый кварцевый песокъ, полезно прибавлять къ этой смѣси молотый черепъ старыхъ литейныхъ тиглей рѣже примѣняютъ гаянстеръ. Очень чистый кварцъ съ небольшою примѣсью патоки (свеклосахарной) оказывается прекраснымъ, хотя и дорогимъ формовочнымъ матеріаломъ. По Одельштиерна въ Швеции для формовки примѣняютъ одинъ родъ краснаго песчаника (очень близкій къ нашему Шокшинскому песчанику Олонеккой губ.) съ очень однородной и подходящей крупностью зерна, а отчасти также чистый кварцъ, предпочтительно аморфный, съ 99% Si O<sub>2</sub>, который размалываютъ до надлежащей крупности зерна. Очень важно, чтобы формовочный матеріалъ не былъ ни въ столько мелкимъ, чтобы препятствовать проникновенію черезъ него водяныхъ паровъ и газовъ, ни въ столько крупнымъ, чтобы сталь могла проникать въ промежутки между отдѣльными зернами, такъ какъ при этомъ отливки получаютъ шероховатую поверхность, къ которой приклеиваются зерна песку и затрудняютъ очистку и отдѣлку отливокъ.

Для связи формовочнаго матеріала примѣняютъ въ Швеции патоку, растворъ столярнаго клея, пиво, ржаную муку или голландскую глину. Для покрытія поверхности заформованной земли, примѣняютъ или тончайшую кварцовую пыль, или инфузорную землю, которая если чиста, безспорно представляетъ лучшее средство. Прежде этотъ матеріалъ покупали въ Англии, но онъ сторааетъ при температурѣ шведской стали, которая выше температуры плавленія англійской стали, какъ содержащей фосфоръ. Впослѣдствіи его замѣнили инфузорною землею изъ Германіи, которая чрезвычайно чиста и сообщаетъ отливкамъ красивый блестящій видъ, если ее

\*) Ledebur. Stahl und Eisen. 1891 г. № 6. 451 стр.

смѣшать съ растворомъ клея и смѣсью покрыть заформованную землю. Особенно тщательнаго просушиванія требуютъ малыя отливки, которымъ вредятъ малѣйшіе слѣды влажности; крупныя отливки не такъ чувствительны къ влажности.

Часть опоки у самой модели заполняютъ свѣжимъ матеріаломъ, а остальную—бывшимъ въ употребленіи, какъ сказано выше, менѣе цѣннымъ матеріаломъ. Внутреннюю поверхность заформованной земли часто покрываютъ графитомъ, а при большихъ отливкахъ усаживаютъ ее густо гвоздями, чтобы сообщить землѣ большую прочность. Набиваемыя части опокъ должны быть толще, чѣмъ при чугунныхъ отливкахъ, и для просушиванія сильнѣе нагрѣваются. Если приходится отливать части съ многочисленными извилинами, которыя при остываніи могутъ давать трещины, то слѣдуетъ опоку подогрѣть по возможности сильнѣе. Чтобы не мѣшать усадкѣ стали при остываніи, часто удаляютъ часть формовочной земли тотчасъ послѣ литья; при изготовленіи моделей слѣдуетъ обращать вниманіе, чтобы эта работа была легко выполняема. Отлитый въ опоки металлъ быстро стынетъ и начинаетъ садиться, но неравномѣрно во всѣхъ частяхъ отливки. Для избѣжанія трещинъ, обусловливаемыхъ усадкою опоки раскрываютъ и выбиваютъ шипки; но часто достаточно притока холоднаго воздуха для образованія трещинъ. При неравномѣрномъ остываніи, вызванномъ вышеуказаннымъ открываніемъ опокъ, являются напряжения въ отливкѣ и часто достаточно одного удара, чтобы вызвать образованіе трещинъ.

Отлитыя части имѣютъ крупнокристаллическое строеніе, которое указываетъ на незначительную прочность металла. Отжигъ, состоящій въ нагрѣваніи и медленномъ охлажденіи, возвращаетъ стали мелкокристаллическое, равномѣрное строеніе и уничтожаетъ вредныя напряжения, происшедшія при неравномѣрномъ остываніи. Достаточной для отжига температурою слѣдуетъ признать вишнево-красный цвѣтъ, иногда немного выше, что зависитъ отъ состава отжигаемаго предмета. Отливки изъ мягкой стали отжигаютъ при высшей температурѣ. Отжигъ производится очень просто: нагрѣваютъ отливку до требуемой температуры, которую поддерживаютъ продолжительное время, достаточное для перемѣны строенія стали, а затѣмъ прекращаютъ нагрѣваніе печи, позволяя ей постепенно остывать. Старыя печи для нагрѣванія листовъ подходятъ для этой цѣли.

Относительно отжига американскій инженеръ Гентъ \*) говорятъ слѣдующее: «Неотожженная стальная отливка близка по своимъ свойствамъ къ перегрѣтой, каленой стали. Главное ея свойство—хрупкость при ударахъ. Твердыя отливки обладаютъ этимъ свойствомъ въ такой степени, что иногда

\*) Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Т. 12 1891 г.

прибыли отламываются сами по себѣ при обрубаніи литниковъ, при чемъ часто отламывается и значительный кусокъ самой отливки. Такія твердыя отливки, если только онѣ не содержатъ избытка марганца и кремнія, становятся послѣ отжига мягкими и надежными, а изломъ ихъ оказываетъ мелкокристаллическое строеніе. Другое дѣйствіе отжига состоитъ въ выравниваніи вредныхъ напряженій, образующихся при остываніи отливки. Напряженія эти часто такъ значительны, что отливка съ шумомъ трескается сама по себѣ не только при твердой, но и при мягкой стали. Нижеприведенныя цифры указываютъ вліяніе отжига на свойства и прочность стали.

Таблица XVII.

Содержаніе углер. въ отлив.	Не отожженная.		Отоженная.	
	Прочн. на 1 кв. мм.	Удлиненіе въ % дл. 50 мм.	Прочн. на 1 кв. мм.	Удлиненіе въ % дл. 50 мм.
0,23	48,3	22,40	47,2	31,4
0,37	60,1	8,20	57,8	21,8
0,53	63,3	2,35	74,8	9,8

Цифры эти очень убѣдительно говорятъ въ пользу отжига, который при отливкахъ изъ твердой стали необходимъ. Но большія отливки для хорошаго отжига требуютъ почти недѣли времени.

Въ новѣйшее время отжигу придаютъ меньше значенія.

Разливаніе стали изъ ковша въ многочисленныя опоки при маломъ вѣсѣ отливокъ очень затруднительно. Ледебуръ \*) по этому поводу говорить, что на нѣкоторыхъ заводахъ вблизи мартеновской печи располагають тигельную. Въ подогрѣтые до свѣтло-краснаго цвѣта тигли наливають сталь изъ ковша, прибавляютъ алюминія и ферросилиція и снова помѣщаютъ тигли въ печь для подогрѣва. Когда сталь готова отливають мелкія вещи изъ тиглей.

Печь для стальныхъ отливокъ по Маллеру \*\*) должна вмѣщать отъ 7 до 10 т. Регенераторы должны быть большаго объема, чѣмъ въ обыкновенныхъ плавильныхъ, мартеновскихъ печахъ, такъ какъ при этомъ условіи легче достигнуть необходимой при отливкахъ высокой температуры. Глубина ванны должна быть незначительная, при большой длинѣ пода. Остальныя детали тѣ-же, какъ и въ обыкновенныхъ печахъ. Малыя печи. вмѣстимостью въ 1 до 3,5 т. не дали хорошихъ результатовъ.

\*) Stahl und Eisen. 1891 г. № 6, стр. 453.

\*\*) Genie Civil. T. XVIII, №№ 12 и 13.



Одельштёрна \*) говоритъ, что для фасонныхъ отливокъ ванна не должна быть слишкомъ мелкою, такъ какъ при этомъ плавка идетъ слишкомъ быстро и сталь поглощаетъ много газовъ, кромѣ того прибавленный въ видѣ ферросилиція кремній окисляется раньше, чѣмъ онъ имѣлъ возможность раствориться въ ваннѣ. Въ виду этого онъ рекомендуетъ дѣлать для фасонныхъ отливокъ отдѣльныя печи, съ болѣе глубокою ванною, которая впрочемъ мало пригодна для производства обыкновенной стали, въ особенности, мягкихъ ея сортовъ.

Ниже приведу описаніе плавки для фасонныхъ отливокъ.

Трудность полученія плотной стали зависитъ отъ растворенныхъ въ ней газовъ, которые при затвердѣваніи стали выдѣляются и образуютъ пузыри и пустоты, такъ какъ имъ нѣтъ выхода изъ массы стали наружу, изъ-за образовавшейся корки затвердѣвагося металла. Этимъ объясняется присутствіе пузырей вблизи поверхности, хотя сама поверхность гладка и чиста, а только при обтачиваніи, или строганіи пустоты эти обнаруживаются на нѣкоторой глубинѣ, часто незначительной.

Для достиженія возможно большей плотности стали необходимо, чтобы она была спокойною, жидкою и негорячею.

Спокойная сталь получается при введеніи въ ванну не больше 0,35% *Si* и 0,6—0,7% *Mn*, причѣмъ кремній угораеть около 50%, а марганца около 33%, потому что онъ предохраняется отъ выгорания кремніемъ, какъ легче окисляющимся элементомъ; углерода угораеть до 50%, какъ и при обыкновенныхъ плавкахъ, что зависитъ главнымъ образомъ отъ продолжительнаго перемѣшиванія ванны.

Кромѣ добавочныхъ матеріаловъ на спокойствіе, а главнымъ образомъ на плотность стали имѣетъ вліяніе способъ веденія плавки, а именно: плавку не слѣдуетъ вести поспѣшно, прибавляя руду только въ самомъ началѣ закипанія ванны, чтобы послѣдняя лучше (сильнѣе) закипѣла. Какъ только ванна закипитъ, перестаютъ прибавлять руду, а вмѣсто нея бросаютъ больше окалины для разжиженія шлака. Жидкій шлакъ здѣсь необходимъ, потому что онъ облегчаетъ кипѣніе, которое безъ прибавленія руды и при густомъ шлакѣ было бы слишкомъ продолжительнымъ. Для сокращенія продолжительности кипѣнія примѣняютъ для фасонныхъ отливокъ болѣе мягкую шихту, чѣмъ для обыкновенныхъ плавовъ, т. е. шихту съ меньшимъ процентнымъ содержаніемъ чугуна; такъ напр., если для обыкновенныхъ плавовъ идетъ 60—70% чугуна и 30—40% стали, то для фасонныхъ отливокъ — 40—50% чугуна и 50—60% стали, причѣмъ идутъ только чистые сорта чугуна (съ малымъ содержаніемъ *P* и *S*), и сталь примѣняется въ видѣ обрѣзковъ мягкой основной (листовой или фасонной)

\*) Stahl und Eisen. 1894 г. 708 стр.

стали. Если въ шихтѣ получается мало марганца, то лучше прибавить  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ % зеркальнаго чугуна, нежели увеличить въ ней процентное содержаніе кремнія примѣненіемъ первыхъ номеровъ гематитовыхъ чугуновъ. Иногда стараются имѣть въ шихтѣ не меньше 1% *Si*; но это ошибочно, такъ какъ вполне достаточно имѣть 0,5 — 0,6% *Si*, при 0,25 — 0,4% *Mn*.

Когда кипѣніе ванны приближается къ концу (т. е. къ перекипанію), берутъ пробы, какъ и при другихъ плавкахъ, съ тою только разницею, что послѣ пробы, по которой положены добавочные матеріалы для подогрѣванія, необходимо взять еще одну пробу для повѣрки, дѣйствительно ли ванна содержитъ столько углерода, какъ показала первая проба, потому что ошибка въ этомъ отношеніи можетъ повлечь за собою забракованіе отлитаго издѣлія, отъ котораго большею частью требуется определенная твердость. Послѣдняя измѣняется въ широкихъ предѣлахъ (отъ 0,1 до 0,5% *C*. и болѣе), смотря по назначенію издѣлія, а также въ зависимости отъ условія заказа. Такъ, напр., всѣ заказы морскаго министерства должны отвѣчать условію, чтобы кусокъ стали, отрѣзанный отъ самой отливки, сгибался безъ трещины, не будучи предварительно прокованнымъ; заказы другихъ вѣдомствъ, а также частныхъ лицъ должны удовлетворять такимъ требованіямъ, какія обозначены въ условіяхъ, причемъ требованія эти самыя разнообразныя, смотря по тому, для какой цѣли предназначается издѣліе. Такимъ образомъ различныя плавки приходится кончать такъ, чтобы получить сталь, по твердости отвѣчающую  $\text{JEM}$  отъ 1 до  $3\frac{1}{2}$  включительно. Различная твердость окончательнаго продукта достигается главнымъ образомъ окончаніемъ плавки по соответственной пробѣ, а отчасти и увеличеніемъ количества добавочныхъ матеріаловъ (собственно прибавленіемъ чугуна).

Расчетъ добавочныхъ матеріаловъ слѣдующій: для введенія въ сталь 0,35% *Si*, при посредствѣ ферросилиція, содержащаго 10% *Si*, необходимо прибавить этого матеріала  $\frac{0,35 \times 100}{10} = 3,5\%$ ; вмѣстѣ съ этими 3,5% ферросилиція вводятъ  $3,5 \times 0,2 = 0,7\%$  *Mn*. Слѣдовательно для фасонныхъ отливокъ достаточно прибавить 3,5% ферросилиція. Такимъ образомъ въ ванну вводятъ:

*Si*.

Изъ 3,5% ферросилиція . . .  $3,5 \times 0,10 = 0,35\%$   
при угарѣ въ 50% остается въ стали около 0,18% *Si*.

*Mn*.

Изъ 3,5% ферросилиція . . .  $3,5 \times 0,2 = 0,7\%$   
при угарѣ въ 33% остается въ стали около 0,45% *Mn*.

## С.

Изъ 3,5% ферросилиция . . .  $3,5 \times 0,025 = 0,088\%$

При угарѣ въ 50% въ сталь перейдетъ около 0,044% С.

Слѣдовательно, чтобы получить сталь, по твердости отвѣчающую № 1-му, т. е. содержащую 0,15—0,20% С, въ среднемъ 0,18% С, нужно окончить плавку по пробѣ, содержащей 0,18%—0,5=0,13% С, а такая проба гнется безъ трещины и отвѣчаетъ № 1 (см. стр. 162).

Для получения стали, по твердости отвѣчающей, напр. № 3, съ содержаниемъ С въ 0,5%, нужно окончить плавку по пробѣ № 5, содержащей углерода—(0,5—0,05=0,45%), а лучше кончить по пробѣ № 4 съ 0,3%—0,35% С и прибавить около 0,12% С, а съ угаромъ 0,20% С, вводя до 5% чугуна, такъ что все количество углерода будетъ:

Изъ 3,5% ферросилиция . . .  $3,5 \times 0,025 = 0,088\%$

» 5 » чугуна . . . . .  $5 \times 0,038 = 0,190$  »

Всего . . . . . 0,278%

при угарѣ въ 50% въ сталь перейдетъ 0,139%

а въ ваннѣ осталось . . . . . 0,355 »

окончательно получится . . 0,494% С.

На французскихъ заводахъ применяютъ для отливокъ шихты близкія къ нижеприведенной:

Чугуна съ 3,5% С; 2,0% Si и 1,5% Mn . 16 % = 1,120 кил.

Зеркальнаго чугуна съ 18% Mn . . . . . 1,8 » = 126 »

Стальной ломъ . . . . . 80 » = 5,600 »

## Добавочныхъ матеріаловъ:

Ферромарганца съ 45% Mn . . . . . 1,2 » = 184 »

Ферросилиция съ 10% Si . . . . . 1 » = 70 »

Всего . . . . . 100% = 7,000 кил.

При такой шихтѣ плавка продолжается 7 часовъ.

Для сравненія рассчитаемъ по добавочнымъ матеріаламъ количество кремнія и марганца, переходящаго въ сталь французскихъ фасонныхъ отливокъ:

## Si.

Изъ 1% ферросилиция съ 10% Si .  $1 \times 0,1 = 0,1\%$

при угарѣ въ 50% остается въ стали около 0,05 » Si

## Mn

Изъ 1% ферросилиция съ 20% Mn . . .  $1,0 \times 0,2 = 0,20\%$

» 1,2 » ферромарганца съ 45% Mn . .  $1,2 \times 0,45 = 0,54$  »

Всего . . . . . 0,74%

При угарѣ въ 33% остается въ стали около 0,5% Mn.

Изъ этого разсчета видно, что во Франціи готовятъ сталь для фасонныхъ отливокъ съ почти такимъ же содержаніемъ марганца, какъ и у насъ, но содержаніе кремнія въ четверо меньше, чѣмъ въ нашей стали.

Когда проба стали отвѣчаетъ назначенію ея, кладутъ на окна добавочные матеріалы, а именно: чугуны и ферросилиціи. Если приходится прибавлять чугуны, то его подогреваютъ и сталкиваютъ въ ванну раньше ферросилиціи; послѣдній матеріалъ подогреваютъ въ два приема, если все количество прибавляемаго ферросилиціи не помѣщается сразу на завалочное окно. Когда добавочные матеріалы столкнули въ ванну, то обыкновенно ждутъ минутъ 5-ть, чтобы они расплавились, и только послѣ истеченія этого времени начинаютъ перемѣшивать ванну кочергами. Перемѣшиваніе должно быть продолжительное, потому что ферросилицій по своему малому удѣльному вѣсу трудно смѣшивается со сталью, плавая въ расплавленномъ видѣ на поверхности ванны. Когда при перемѣшиваніи смѣшали кочережекъ 8—10-ть (минутъ 5—8 перемѣшиванія), берутъ на ложку пробу стали и наливаютъ ее въ стаканъ. Струя стали при стеканіи съ ложки должна быть тонкою и течь быстро, что указываетъ на достаточную жидкость стали, необходимую для хорошаго выполненія формы. Густая сталь тихо стекаетъ съ ложки; чтобы она стала жиже, ванну дольше перемѣшиваютъ и снова пробуютъ на ложкѣ степень жидкости стали. Кромѣ жидкости слѣдуетъ обращать вниманіе на усадку стали, для наблюденія которой поступаютъ слѣдующимъ образомъ: когда налитая въ стаканъ сталь застынетъ на поверхности, прокалываютъ проволокою образовавшуюся корку, тотчасъ-же вынимаютъ проволоку и въ получившееся отверстіе наблюдаютъ усадку еще жидкой части стали; если жидкая поверхность значительно отстоитъ отъ твердой корки, то усадка еще большая. Ванну перемѣшиваютъ еще нѣсколько разъ и снова пробуютъ въ стаканѣ усадку. Когда послѣдняя незначительна, приступаютъ къ выпуску, который производится такъ-же точно, какъ и при другихъ плавкахъ. При разливаніи стали слѣдуетъ сначала лить по возможности быстро, а когда почти вся опока наполнится и сталь начнетъ подниматься въ прибыльные части ея, уменьшаютъ по возможности струю стали, чтобы дать время выдѣлиться газамъ черезъ прибыли, пока вся масса стали находится еще въ жидкомъ состояніи. Послѣ окончанія разливанія прибыли засыпаютъ углемъ, чтобы они медленнѣе остывали, а литники пескомъ и вскорѣ ихъ обламываютъ, какъ только сталь застынетъ въ верхней ихъ части.

Когда сталь въ опокахъ остынетъ (приблизительно черезъ  $\frac{1}{2}$  часа послѣ разливанія), послѣднія разнимаютъ (если ихъ не пришлось разнять раньше, благодаря сложной формѣ отливки, могущей вызвать трещины при остываніи), выбиваютъ изъ нихъ отливки, даютъ имъ остыть, отдѣ-

ляютъ приставшую къ поверхности ихъ землю, выбиваютъ шишки, если таковыя имѣются, обрубаютъ, или обламываютъ заливы и литники и, наконецъ, отрѣзываютъ прибыли. При плохой отдѣлкѣ заформованной поверхности земли и при большой крупности зерна, земля такъ плотно пристаётъ къ поверхности отлитыхъ предметовъ, что ее приходится отдѣлывать молотками и зубилами.

По даннымъ Малера составъ обыкновенныхъ отливокъ долженъ колебаться въ слѣдующихъ предѣлахъ:

С.	Si.	Mn.
0,20—0,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ;	0,18—0,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ;	0,32—1,00

Выснимъ предѣломъ, который опасно переходить Малеръ считаетъ: Mn—1,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; Si—0,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; S—0,08<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; P—0,09<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Нельзя не признать эти предѣлы слишкомъ высокими, тѣмъ болѣе, что нѣтъ нужды вводить въ ванну столь большого количества кремнія и марганца, такъ какъ при половинномъ содержаніи этихъ элементовъ въ отлитой стали, послѣдняя обыкновенно разливается и стынетъ хорошо, безъ особенно большой усадки.

Въ ниже приведенной таблицѣ указаны результаты испытаній литыхъ колесъ завода въ Бохумъ, которыя были произведены въ присутствіи желѣзнодорожной комиссіи.

Таблица XVIII.

	Мѣсто, гдѣ взята проба.	Прочн. въ клг. на 1 к. мм.	Удли. въ %.	Уменьшен. сѣченія %.
Колесо локомотива скорого поѣзда . . . . .	Спица . . . . .	40,0	31,0	56,4
	Втулка . . . . .	39,3	26,0	43,8
Колесо локомотива пассажирскаго поѣзда . . . . .	Спица . . . . .	37,5	33,0	57,8
	Втулка . . . . .	36,5	34,2	61,0
Колесо локомотива товарнаго поѣзда . . . . .	Спица . . . . .	36,3	34,0	60,7
	Втулка . . . . .	36,5	32,0	57,5
Колесо товарнаго локомот. безъ противѣса . . . . .	Спица . . . . .	36,1	36,0	62,7
	Втулка . . . . .	36,1	29,5	57,2
Тендерное колесо . . . . .	Спица . . . . .	37,6	31,0	53,9
	Втулка . . . . .	38,5	31,0	54,2

Результаты эти заставляютъ желать мало лучшаго, къ сожалѣнію составъ отливокъ не указанъ.

Въ Швеціи сталь для фасонныхъ отливокъ всегда выпускаютъ нѣсколько болѣе горячей, чѣмъ слѣдуетъ, по слѣдующимъ причинамъ. Для мелкихъ отливокъ горячая сталь можетъ быть переливаема въ тигли, или ручные ковши, изъ которыхъ отлитые малые предметы обладаютъ гладкою чистою

поверхностью, такъ какъ струя стали при этомъ не такъ сильна, чтобы отрывать отдѣльныя, слабѣе прикрѣпленныя частицы формовочной земли, что всегда случается при отливаніи изъ ковша и обуславливаетъ шероховатую наружность отливокъ. Для крупныхъ отливокъ сталь охлаждають выдерживаніемъ въ ковшѣ.

## ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ.

### Пробы стали отъ каждой плавки и проковка ихъ.

Когда сталь разливають по изложницамъ, то подъ конецъ наполненія каждой изъ нихъ пускають сталь, по возможности, меньшею струею, для уменьшенія усадочныхъ раковинъ. Въ это время подъ струю стали подставляютъ ложку и, набравъ въ нее достаточное количество стали, разливають по стаканчикамъ для пробъ. Обыкновенно наливають 4 пробы для запаса, но куютъ только двѣ, или три и по нимъ судятъ о качествѣ стали. Смотря по тому, отвѣчаетъ ли проба заказу, назначаютъ плавку на этотъ, или же на какой либо другой заказъ, къ условіямъ котораго ближе всего подходитъ данная проба.

Обыкновенно отковываютъ одну пробу въ видѣ блина, называя ее «лепешкою», а другую—въ видѣ квадратной полосы, называя «квадратомъ»; если приходится ковать три пробы, то третью отковываютъ также въ видѣ квадрата.

Куютъ пробы, или послѣ остыванія ихъ и подогрѣва въ печи, или же прямо изъ стаканчиковъ, давъ имъ остыть до свѣтло-краснаго цвѣта, чего нельзя сдѣлать съ пробами основной стали (см. ниже отдѣлъ IV глав. XIX).

Прокованнымъ пробамъ даютъ остыть, подгибають на особой наковальнѣ съ трехугольной выемкой и окончательно сгибають подъ паровымъ молоткомъ. При этомъ проба сгибается въ плотную безъ трещины, съ трещиною, или ломается подъ различными углами изгиба. Смотря по степени изгиба и по количеству волокна и сыпи въ изломѣ, судятъ о твердости стали, различая слѣдующіе номера, указанные въ таблицѣ XIX.

Если куютъ три пробы (для осей, валовъ и проч.), то обыкновенно одну изъ нихъ закаливають и по излому судятъ о способности принимать закалку.

Для рессоръ куютъ лепешку и два квадрата, которымъ сначала даютъ остыть, сгибають ихъ и ломають, а потомъ половинки отъ обонихъ квадратовъ оттягивають, немного надрубають и калѣтъ при бѣломъ нагрѣвѣ. до котораго нагрѣвають пробы на горѣ, а затѣмъ ломають по надруб-

кажъ, по цвѣту и сыни излома судятъ какъ о способности принимать закалку, такъ и о твердости стали, т. е. о номерѣ рессоръ (см. выше гл. VIII).

Таблица XIX.

№	ИЗГИБЪ.	Излом. въ со- гнут. мѣстѣ.	C.	Mn.	P.	Si.	S.	Назначеніе.
			%	%	%	%	%	
1	Въ плотную безъ трещины. . .	волок.	0,15—0,3	0,7—1,2	0,03—0,05	0,15		оси, балки, валы.
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	Съ трещиною . .	волок.	0,2—0,35	0,7—1,2	0,05—0,1	0,20		оси, балки.
2	Ломаются подъ угломъ въ 30°. . .	<sup>1</sup> / <sub>4</sub> сы- ни остальн. волок.	0,3—0,4	0,8—1,2	0,06—0,15	0,25		балки, рельсы.
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	Лом. при 80°. . .	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> сы- ни.	0,35—0,5	0,8—1,3	0,05—0,1	0,3	Отъ 0,02 до 0,1.	рельсы, бандажи, рессоры.
3	" при 120°. . .	одна сынь.	0,4—0,55	0,9—1,4	0,04—0,1	0,25		рельсы, бандажи, рессоры.
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	" при 120°—150°. . .	сынь	0,45—0,6	0,9—1,3	0,03—0,08	0,20		рельсы, рессоры.
4	" при 150°—160°. . .	сынь.	0,5—0,65	0,8—1,2	0,03—0,07	0,15		рессоры, пружины, рѣзакъ.
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	Чуть гнется . .	сынь.	0,55—0,7	0,7—1,1	0,02—0,06	0,1		пружины, инструменты.
5	Ломается безъ изгиба . . . . .	сынь.	выше 0,7	0,6—1,0	0,01—0,04	0,1	инструменты, сваряды.	

Откованная проба по наружному своему виду указываетъ на достоинства стали: если сталь росла въ изложницахъ, или стыла неспокойно, то края лепешки рвутся при проковкѣ; если сталь давала большую усадку при застываніи, то поверхность пробы покрыта волосовинами; если проба темная какъ съ поверхности, такъ и въ изломѣ, то это указываетъ на избытокъ сѣры и недостатокъ марганца въ стали; хорошая проба должна быть свѣтлая, безъ волосовинъ и чисто откованная (безъ пленъ и рваннѣй).

О наклепанныхъ пробахъ и различіи между пробами при началѣ и концѣ плавки см. отд. IV глав. XIX.

Если молотокъ, подъ которымъ кузятъ пробы, работаетъ неправильно (напр. подрубаютъ пробы однимъ краемъ бойка, или наковальня имѣетъ

углубленія), то часто можетъ произойти ошибка въ опредѣленіи твердости стали по пробѣ, а именно: подрубленная проба ломается въ надрубленномъ мѣстѣ, а не въ мѣстѣ изгиба. Такой изломъ почти всегда представляетъ одну сыпь и такимъ образомъ проба показываетъ большую твердость стали, чѣмъ она имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности

Неровная наковальня вліяетъ на вѣншній видъ пробъ, сообщая послѣднимъ заусеницы и плены. Если молотокъ бьетъ слишкомъ слабо, то во время продолжительнаго сгибанія проба сильно нагрѣвается и гнется до большаго угла, чѣмъ при нормальной ковкѣ, такимъ образомъ проба покажетъ большую мягкость стали, чѣмъ она имѣетъ дѣйствительно мѣсто.

Чаще всего пробы дляковки нагрѣваютъ въ окнахъ мартеновскихъ печей, гдѣ температура очень высока, а потому при недосмотрѣ очень легко поджечь пробу. Подожженная проба ломается гораздо раньше нормальной и потому кажется гораздо тверже; впрочемъ, опытный глазъ легко различитъ подожженую пробу по крупно-кристаллической сыпи.

Если откованная проба не отвѣчаетъ твердости стали, то для проверки лучше всего проковать вторую пробу, потому что первая могла получиться случайно и неправильно; конечно на отковку и изгибъ послѣдней слѣдуетъ обратить особенное вниманіе. Хотя вообще пробы даютъ вѣрныя указанія твердости стали, но химическій составъ различныхъ сортовъ стали одной и той же твердости, колеблется въ значительныхъ предѣлахъ, потому что твердость стали зависитъ не отъ одного элемента (углерода), но отъ совмѣстнаго содержанія нѣсколькихъ элементовъ, а главнымъ образомъ отъ углерода, марганца и фосфора, а отчасти также и отъ кремнія; такъ напр., сталь по твердости № 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> можетъ имѣть химическій составъ, показанный въ таблицѣ № XX.

Таблица XX.

Твердость.	C. %	Mn. %	P. %.
№ 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0,20	1,3	0,15
" 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0,25	1,1	0,10
" 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0,30	1,0	0,08
" 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0,35	0,9	0,05
" 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0,40	0,8	0,03

## ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ.

## Различные сорта стали и соответственная шихта.

По твердости сталь раздѣляется на нѣсколько сортовъ, которые обозначаются отдѣльными номерами, указанными въ таблицѣ предъидущей главы (см. выше Таб. XIX). Сталь различныхъ сортовъ обладаетъ различ-



нымъ сопротивленіемъ разрыву и удлиненіемъ. Ниже приведена таблица, въ которой показанъ разрывающій грузъ въ килограммахъ на квадратный миллиметръ первоначальнаго сѣченія бруска и удлиненіе бруска въ процентахъ первоначальной длины, которая равна 200 мм.

Таблица XXI.

Мѣстѡ стали по возрасташей твердости.	Разрывающій грузъ въ килограм. на квадрат. миллиметр.	Удлиненіе въ процентахъ первоначальной длины.	НАЗВАНІЕ СТАЛИ.
1	50—55	20—15	Балочная.
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	52—60	20—15	Осевая.
2	55—60	18—14	Рельсовая, бандажная.
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	60—65	17—12	Рельсовая, бандажная, рессорная.
3	65—70	15—10	Рельсовая, бандажная, рессорная.
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	70—80	12—5	Рессорная, пружинная.
4	75—90	8—3	Пружинная, инструментальная.
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	80—90	7—2	Пружинная, инструментальная.
5	до 100	6—1	Инструментальная, снарядная *).

Таблица эта обнимаетъ главнымъ образомъ пять нижеслѣдующихъ сортовъ стали:

I. Балочная сталь идетъ почти исключительно на приготовленіе балокъ различныхъ размѣровъ (отъ 4-хъ до 12-ти и болѣе дюймовъ высоту), которыя примѣняются при различныхъ постройкахъ, гдѣ подвергаются самымъ разнообразнымъ нагрузкамъ, какъ то: постоянной, временной, равномерно распределенной по всей длинѣ и сосредоточенной въ одномъ мѣстѣ. Всѣ онѣ дѣйствуютъ сгибающимъ образомъ на балку и поломка ея можетъ повлечь за собою значительныя поврежденія и несчастные случаи съ людьми, а потому балочная сталь должна гнуться, не ломаясь, т. е. она должна быть достаточно мягкой. Сталь вполне отвѣтитъ своему назначенію, если будетъ давать до 20% удлиненія, при сравнительно большомъ сопротивленіи разрыву (до 55 килогр.). Средній химическій составъ балочной стали: *C*—0,18; *Mn*—0,6; *P*—0,05; *Si*—0,08; *S*—0,02%.

II. Осевая сталь идетъ на приготовленіе вагонныхъ и паровозныхъ осей, валовъ и на нѣкоторыя другія, мелкія поковки. Оси и валы подвергаются постояннымъ толчкамъ и сотрясеніямъ, а потому и сталь для нихъ должна быть значительно прочнѣе балочной. Ось ни въ какомъ случаѣ не должна ломаться, въ виду возможности крушенія поѣзда, поэтому при большой прочности (65 килогр.) осевая сталь должна обладать

\*) Для закаливаемыхъ снарядовъ.

и значительною тягучестью (до 18% удлиненія), что впрочемъ упущено изъ виду послѣдними техн. правилами жел. дор. Условія эти очень затрудняютъ приготовленіе осевой стали, которая кромѣ того требуетъ очень тщательной обработки, такъ какъ легко даётъ трещины при проковкѣ. Трещины при проковкѣ главнымъ образомъ зависятъ отъ избытка кремнія. Болванки осевой стали сначала катаютъ на круглую сталь, рѣжутъ на куски опредѣленнаго вѣса и затѣмъ куютъ, нагревая до сварочнаго жара (бѣлое каленіе). Средній химическій составъ осевой стали:  $C=0,3$ ;  $Mn=0,6$ ;  $P=0,02$ ;  $Si=0,5$ ;  $S=0,01\%$ .

III. Рельсовая сталь предназначается для приготовленія рельсовъ различныхъ типовъ и профилей. Сталь эта должна удовлетворять слѣдующимъ условіямъ: 1) выдерживать ударъ бабы въ 30 пудовъ, падающей съ высоты 8½ ф., не ломаясь, причемъ она можетъ гнуться (стрѣла прогиба бываетъ отъ 20—30 мм. послѣ перваго удара и 40—70 мм. послѣ втораго); 2) при двукратномъ дѣйствіи груза въ 1116 пуд. въ теченіе 5 м. (каждый разъ), расположенномъ по серединѣ куска рельса длинокъ въ 6 ф. подпертаго въ концахъ, прогибъ долженъ быть меньше одного миллиметра (временный прогибъ при этомъ бываетъ отъ 4 до 6,5 мм., а постоянный отъ 0,75 — 0,95 мм.). При грузѣ въ 1800 пуд. рельсъ можетъ гнуться, но не долженъ ломаться (временный прогибъ при этомъ бываетъ отъ 12—20 мм., а постоянный отъ 7,5 до 14 мм.).

Такимъ условіямъ удовлетворяетъ сталь съ большими колебаніями въ химическомъ составѣ ( $C=0,3—0,5\%$ ), а потому и различной прочности: сопротивленіе разрыву колеблется отъ 55 до 80 кил., а удлиненіе отъ 18 до 8%. Благодаря этимъ условіямъ приготовленіе рельсовой стали считается самымъ легкимъ (а также и прибыльнымъ) дѣломъ въ мартеновскомъ производствѣ. Обыкновенно на рельсы назначается почти всякая сталь, предназначенная первоначально на какія нибудь другія издѣлія, но не удовлетворяющая почему либо условіямъ заказа; само собою разумѣется, что почти всѣ рельсы готовятся изъ рельсовой же стали. Средній химическій составъ рельсовой стали:  $C=0,35$ ;  $Mn=0,7$ ;  $P=0,1$ ;  $Si=0,2$ ;  $S=0,07\%$ .

IV. Бандажная сталь идетъ на приготовленіе бандажей, фугасныхъ бомбъ, компрессоровъ и проч. Однимъ изъ самыхъ главныхъ свойствъ ея должна быть плотность (отсутствіе пузырей и пустотъ), поэтому бандажную сталь дѣлаютъ почти такъ спокойною, какъ сталь для фасонныхъ отливокъ. Собственно бандажная сталь по новымъ тех. условіямъ должна давать не меньше 8% удлиненія при 65—70 кил. на разрывъ. Сталь для компрессоровъ и фугасныхъ бомбъ должна быть мягче, т. е. давать до 15% удлиненія, но разрывающій грузъ долженъ быть значителенъ, а

именно: до 75 килогр. Средній химическій составъ бандажной стали:  $C=0,44$ ;  $Mn=0,6$ ;  $P=0,03$ ;  $Si=0,05$ ;  $S=0,21\%$ .

По Окерману (Stahl und Eisen, 1898 г., 899 стр.) бандажная сталь должна быть слѣдующаго состава:  $C=0,35-0,45\%$ ;  $Mn$ —до 1%;  $Si$ —до 0,1%;  $P$  не выше 0,075%; о сѣрѣ не упоминается.

V. Рессорная сталь готовится различной твердости, по которой раздѣляется на нѣсколько номеровъ (см. ниже, гл. VIII). Низшіе номера идутъ преимущественно на приготовленіе рессоръ,—между тѣмъ какъ изъ высшихъ готовятъ кромѣ рессоръ—пружины, рѣзакъ и другіе инструменты, а также артиллерійскіе снаряды. Главное условіе, которому должна удовлетворять эта сталь, заключается въ способности принимать закалку и въ закаленномъ видѣ быть опредѣленной твердости. Это затрудняетъ приготовленіе рессорной стали данной твердости, особенно если принять во вниманіе, что рессорная сталь тверже, или мягче на  $\frac{1}{2}$  номера, чѣмъ требуется, предназначается на другія издѣлія, напр. на рельсы, такъ какъ непригодна для данныхъ рессоръ.

Химическій составъ рессорной стали разныхъ номеровъ колеблется въ широкихъ предѣлахъ:  $C=0,3-0,6$ ;  $Mn=0,4-0,6$ ;  $P=0,03-0,07$ ;  $Si=0,05-0,1$ ;  $S=0,01-0,03\%$ .

Въ вышеприведенной таблицѣ № XXI показаны среднія числа для удлинений и сопротивлений разрыву, но очень часто случается, что условія заказа требуютъ большаго, а именно: при значительномъ удлинении—большее сопротивленіе разрыву. Напр. условія для приѣмки фугасныхъ бомбъ: 15% удлинения, при 75 кил. на разрывъ. Очевидно, что условія эти превышаютъ свойства обыкновенной стали, различные сорта которой приведены въ таблицѣ XXI.

Въ такихъ случаяхъ приходится прибѣгать къ приготовленію высшихъ сортовъ стали, болѣе чистыхъ относительно сѣры, фосфора и кремнія, которая при данномъ содержаніи углерода и марганца обладаетъ нѣсколько большимъ сопротивленіемъ разрыву, а въ особенности даетъ большое процентное удлинение.

Такимъ образомъ, смотря по условіямъ заказа, приходится готовить сталь съ различнымъ содержаніемъ вредныхъ примѣсей, что достижимо только при соответственной шихтѣ. Чѣмъ чище должна быть сталь, тѣмъ чище чугуны употребляются въ навѣску, а сталь идетъ въ видѣ листовыхъ обрѣзковъ основной стали, какъ самой чистой въ отношеніи  $S$ ,  $P$  и  $Si$ .

Относительно процентнаго содержанія чугуна и стали въ навѣскѣ слѣдуетъ замѣтить, что это зависитъ исключительно отъ мѣстныхъ условій. Конечно, чѣмъ больше стали идетъ въ навѣску, тѣмъ лучше, потому что плавка скорѣе поспѣваетъ, расходъ угля меньше, ремонтъ печи меньше, суточная производительность больше, а потому рабочая сила дешевле. Во-

обще имѣются всѣ условія для полученія стали по болѣе низкой цѣнѣ, чѣмъ при значительномъ содержаніи чугуна въ навѣскѣ. Къ сожалѣнію, далеко не каждый заводъ имѣетъ сталь въ достаточномъ количествѣ. Обыкновенно старая сталь (которая идетъ въ навѣску), или очень дорога, или ея вовсе нѣтъ въ продажѣ.

Въ Англии по словамъ Стида \*) для приготвленія 1 тонны кислой стали необходимо:

Гематитоваго чугуна . . . . . 800 кил. = 66,6% завалки

Ломъ желѣзной и стальной . . . . . 200 » = 16,7 » »

Желѣзной руды (съ сод. 50% Fe) 200 » = 16,7 » »

1200 кил. = 100,0% завалки

1000 кил. чугуна и желѣза теряютъ отъ окисленія 10% или 100 кил., которые пополняются возстановляющимся изъ руды желѣзомъ, въ 200 кил. которой содержится 100 кил. металлическаго желѣза.

На одномъ изъ американскихъ заводовъ, на которомъ дѣйствуетъ много кислыхъ и основныхъ 15-тонныхъ печей, средняя годовичная производительность за 1896 г. дала слѣдующія цифры:

Таблица XXII.

	Кислая печь.		Основная печь.	
	Завалка на 1 т. болванки въ кил.	% завалки.	Завалки на 1 т. болванки въ кил.	% завалки.
Чугуна . . . . .	300	27	387	51
Желѣзной и стальной лому .	762	67	525	45
Руды . . . . .	75	6	50	4
Всего . . . . .	1137	100	1162	100

Количество добавочныхъ матеріаловъ не указано. Изъ вышеприведенныхъ данныхъ, Сидъ выводитъ заключеніе, что для полученія 1 т. стали въ болванкахъ необходимо около 1200 кил. заваливаемыхъ матеріаловъ.

По словамъ Пурселя \*\*) въ Англии еще въ 1880 г. работали въ Лендорѣ на шихтѣ: чугуна № 2—70%; стальныхъ обрѣзковъ—22% и 8%. зеркальнаго чугуна съ содерж. 20%. Мп, съ прибавленіемъ руды въ количествѣ 20%. вѣса чугуна. Въ то же самое время въ Доулесъ на 6,5 т.

\*) Iron and Steel Institute. 1897 г. Т. LI.

\*\*) Stahl und Eisen 1892. № 11, стр. 14.

завалку чугуна прибавляли 5% стальныхъ обрѣзковъ и 1800 кил. руды, что составитъ 27—28% вѣса чугуна, а въ послѣдствіи количество руды было увеличено до 30% и способъ этотъ съ незначительными измѣненіями распространился по всей Англій и Шотландіи.

Продолжительность плавки достигала 10 ч., что вызвало переходъ къ 25 т. печамъ. Угаръ при процессѣ съ большимъ количествомъ обрѣзковъ колебался отъ 6—10%, смотря по роду обрѣзковъ, а при рудномъ процессѣ угаръ понизился до 4%, при чемъ около 60% желѣза, содержащагося въ рудѣ переходило въ сталь. Расходъ угля на тонну выплавленной стали въ 1876 г. былъ 750—820 кил., а въ 1892 г. понизился до 425 кил. Стоимость производства тонны стали въ Англій была при вышеуказанной шихтѣ 9—11,5 руб.

Въ Лендорѣ стоимость эта составлялась, по Голлею, при 18-тонныхъ печахъ изъ слѣдующихъ цифръ:

Уголь . . . . .	2 р.	3 к.
Рабочая плата . . . . .	4 »	6 »
Огнеупорные матеріалы . . . . .	1 »	36 »
Изложницы . . . . .	1 »	36 »
Стоимость администраціи . . . . .	— »	68 »
Общіе расходы . . . . .	— »	22 »

Всего . . . . . 9 р. 70 к.

Между тѣмъ какъ во Франціи въ 1892 г. стоимость производства понизилась до 12 р. 60 к. на 1 т. вмѣсто прежнихъ 18 руб.

У насъ работаютъ при шихтѣ отъ 10% чугуна и 90% \*) стали до 70% чугуна и 30% стали, а въ исключительныхъ условіяхъ примѣняютъ меньшія количества стали. Если въ шихту идетъ много чугуна (выше 50%), то для сокращенія времени кипѣнія, прибавляютъ въ навѣску отъ 5—10% желѣзной руды (красный желѣзнякъ) съ самымъ незначительнымъ содержаніемъ сѣры и фосфора, а независимо отъ этого прибавляютъ 5—12% той же руды во время хода плавки. Прибавленіе руды сокращаетъ время хода плавки на  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$ . (См. Отд. IV, гл. XX).

Расчетъ шихты дѣлается слѣдующимъ образомъ: положимъ, что работаютъ на 60% чугуна и 40% стали и что требуется приготовить 630 пуд. осевой стали съ содержаніемъ фосфора не выше 0,04% и S—0,02%, при чемъ имѣется въ распоряженіи чугунъ двухъ марокъ—S и L по два номера въ каждомъ и обрѣзки листовой стали слѣдующаго химическаго состава:

\*) Обуховскій заводъ дѣлаетъ нѣкоторыя плавки съ 90% стали и 10% зеркальнаго чугуна.

Таблица XXIII.

Марка.	№	C.	Mn.	P.	Si.	S.
L	1	3,63	0,19	0,044	2,18	0,005
L	2	3,19	0,17	0,012	1,80	0,006
S	2	3,73	0,14	0,096	1,65	0,010
S	3	3,59	0,10	0,082	1,22	0,023
сталь	—	0,12	0,38	0,021	0,02	0,010

Вмѣстѣ съ 40% стали введемъ въ шихту  $P = \frac{0,021 \times 40}{100} = 0,0084\%$ ;  $S = 0,01 \times 0,4 = 0,004$ . Такъ какъ сѣры можетъ быть въ шихтѣ 0,02, то вмѣстѣ съ чугуномъ можемъ ввести еще  $0,02 - 0,004 = 0,016\%$ . Если возьмемъ каждого изъ четырехъ сортовъ чугуна поровну, т. е. по 15%, то на каждый сортъ пришлось бы  $\frac{1}{4}$  оставшихся 0,016%, т. е. 0,004; следовательно, чугунъ долженъ бы содержать не больше  $\frac{0,004 \times 100}{15} = 0,03\%$ , а данный чугунъ бѣднѣ сѣрою, поэтому относительно сѣры выборъ 15% каждого сорта чугуна вполне удовлетворителенъ. Относительно фосфора замѣтимъ, что остается его ввести въ шихту еще  $0,04 - 0,0084 = 0,0316\%$ , которая можно ввести съ 4-мя номерами чугуна, то на каждый номеръ (при 15% его) пришлось бы 0,0096, следовательно чугунъ долженъ бы содержать не болѣе  $\frac{0,0096 \times 100}{15} = 0,06$ . Сумма содержаній фосфора =  $0,044 + 0,012 + 0,096 + 0,082 = 0,234$ ; то среднее содержаніе фосфора въ чугунахъ  $\frac{0,234}{4} = 0,06$ , т. е. равное вычисленному выше. Поэтому можно бы взять по 15% каждого чугуна, но лучше имѣть нѣкоторый запасъ, и потому для уменьшенія количества фосфора возьмемъ чугуна марки L по 20%, а марки S по 10%. Такимъ образомъ получимъ шихту:

Таблица XXIV.

Названіе матеріаловъ.	Пуды.	C.	Mn.	P.	Si.	S.
		%	%	%	%	%
40% стали	0,4 × 630 = 252	0,12 × 0,4 = 0,048	0,28 × 0,4 = 0,112	0,021 × 0,4 = 0,0084	0,02 × 0,4 = 0,008	0,010 × 0,4 = 0,004
20% чуг. L № 1	0,2 × 630 = 126	3,63 × 0,2 = 0,726	0,19 × 0,2 = 0,038	0,044 × 0,2 = 0,0088	2,18 × 0,2 = 0,436	0,005 × 0,2 = 0,0010
20% " № 2	0,2 × 630 = 126	3,19 × 0,2 = 0,638	0,17 × 0,2 = 0,034	0,012 × 0,2 = 0,0024	1,80 × 0,2 = 0,360	0,006 × 0,2 = 0,0012
10% " S № 2	0,1 × 630 = 63	3,73 × 0,1 = 0,373	0,14 × 0,1 = 0,014	0,096 × 0,1 = 0,0096	1,65 × 0,1 = 0,165	0,010 × 0,1 = 0,0010
10% " S № 3	0,1 × 630 = 63	3,59 × 0,1 = 0,359	0,10 × 0,1 = 0,010	0,082 × 0,1 = 0,0081	1,22 × 0,1 = 0,122	0,023 × 0,1 = 0,0023
Итого	630	C=2,944	Mn=0,248	P=0,0374	Si=1,091	S=0,0096

Углеродъ, марганецъ и кремній выгораютъ во время процесса почти сплошн; слѣдовательно, угаръ только этихъ элементовъ простирается до 4%, а вмѣстѣ съ угаромъ желѣза получится не меньше 5% убыли, поэтому содержаніе фосфора и сѣры въ стали, возрастеть больше, чѣмъ на 5% всего ихъ количества, т. е. фосфора будетъ около 0,039% и сѣры—0,01%. Въ дѣйствительности угаръ больше, а добавочные матеріалы (руда, чугуны и ферромарганецъ), содержатъ также фосфоръ и сѣру, такъ что окончательно изъ вышеприведенной шихты получится сталь съ 0,040—0,041% *P* и 0,012—0,014% *S*.

Слѣдуетъ замѣтить, что въ вышеприведенной шихтѣ—избытокъ кремнія; хотя при такомъ количествѣ его (около 1,0%) работаютъ нѣкоторые заводы, но лучше составлять шихту съ 0,25—0,60% кремнія, чѣмъ сокращается продолжительность кипѣнія.

Для каждаго изъ вышеприведенныхъ сортовъ стали составляютъ такимъ же точно образомъ шихту.

## ГЛАВА ДВАДЦАТЬ-ВТОРАЯ.

### Ш л а к ъ .

Образованіе шлака совпадаетъ съ началомъ плавленія заваленныхъ въ печь матеріаловъ, такъ какъ съ этого момента начинается окисленіе желѣза и кремнія чугуна. Окислы первого, какъ основанія, тотчасъ же соединяются съ кремневой кислотой, являющейся продуктомъ окисленія второго элемента. Окисленіе марганца даетъ такія же основанія, какъ и желѣзо, но количество окисловъ марганца незначительно по малому содержанію этого элемента въ шихтѣ. Окисленіе углерода даетъ газообразные продукты, а количества окисляющейся сѣры и фосфора ничтожны, или даже совсѣмъ незамѣтны.

Такимъ образомъ шлакъ является продуктомъ окисленія только трехъ элементовъ: желѣза, марганца и кремнія. Кромѣ кремневой кислоты, получающейся при окисленіи кремнія, въ образованіи шлака принимаетъ участіе и кремнеземъ, изъ котораго состоитъ вся набойка печи; часть ея разбѣдается шлакомъ во время плавки, такъ что набойка безусловно требуетъ ремонта послѣ каждаго выпуска стали. Сумма количествъ кремневой кислоты отъ окисленія кремнія и заимствованной изъ набойки составить вполне опредѣленную величину, которую примемъ въ основаніе нижеприведеннаго расчета количества шлака, провѣреннаго непосредственнымъ взвѣшиваніемъ всего шлака послѣ плавки.

Для простоты примемъ, что весь шлакъ состоитъ изъ кремнекислаго желѣза, оставляя пока безъ вниманія то незначительное количество марганца, которое заключается въ шлакъ.

Въ среднемъ можно принять, что составъ кислаго мартеновскаго шлака выразится формулою  $FeSiO_3$ , отвѣчающей химическому составу: 45%  $SiO_2$  и 55%  $FeO$ . По этой формулѣ на 1 пай  $FeO=71,84$  приходится 1 пай  $SiO_2=60,25$ , или 1 ч.  $SiO_2 = \frac{71,87}{60,25} = 1,192 FeO$ .

Окислы желѣза образуются въ началѣ плавки, когда кремнй чугуна только начинаетъ окисляться (одновременно съ началомъ плавленія чугуна), такъ что богатый основаніями шлакъ стекаетъ на откосы печи и разбѣдаетъ ихъ набойку, которую вслѣдствіе этого ремонтируютъ послѣ каждой плавки свѣжимъ пескомъ. Количество песку, расходующееся въ среднемъ на каждую плавку, равно 21,5 пудамъ, а такъ какъ въ пескѣ заключается 95%  $SiO_2$  (принимая во вниманіе влажность), то въ шлакъ изъ песку переходитъ  $21,5 \times 0,95 = 20,45 SiO_2$ .

Въ предъидущей главѣ приведена шихта съ содержаніемъ 1,091%  $Si$  для завалки въ 630 пуд., такъ что въ печь введено кремнй

$$\frac{630, \times 1,091}{100} \text{ пуд.} = 6,8733 \text{ пуд.}$$

28,33 ч.  $Si$  послѣ окисленія переходятъ въ 60,25 ч.  $SiO_2$ .

то 1 ч.  $Si$  послѣ окисленія перейдетъ въ  $\frac{60,25}{28,33} = 2,13 SiO_2$ ,

то 6,8733 пуд.  $Si$  послѣ окисленія переходятъ въ  $6,8733 \times 2,13 = 14,64$  пуд.  $SiO_2$ .

Слѣдовательно, все количество кремневой кислоты, переходящей въ шлакъ, равно  $20,45 + 14,64 = 35,09$  пуд., а по вышеуказанному 1 ч.  $SiO_2$  связываетъ 1,19 ч.  $FeO$ , то 35,09 пуд.  $SiO_2$  потребуетъ  $35,09 \times 1,19 = 41,76$  пуд.  $FeO_2$  такъ что всѣй шлака будетъ  $35,09 \text{ пуд.} + 41,76 \text{ пуд.} = 76,85$  пуда, что вполне согласуется со среднимъ вѣсомъ шлака, определеннымъ непосредственнымъ взвѣшиваніемъ послѣдняго изъ 10 плавокъ, какъ показано ниже.

Всѣй шлака отъ каждой изъ 10 плавокъ, по моимъ наблюденіямъ, колебался отъ 70 до 80 пуд., а сумма всѣхъ десяти вѣсовъ составила 720 пуд., такъ что на каждую плавку приходилось въ среднемъ 72 пуд. шлака. Но въ эту величину слѣдуетъ ввести еще двѣ поправки:

Въ 1-хъ, не весь шлакъ удастся собрать и взвѣсить, такъ какъ часть его остается на желобѣ, въ ковшѣ, въ литейной канавѣ и пр. Поэтому вышеуказанное число слѣдуетъ увеличить на 10% приблизительно.

Во 2-хъ, въ шлакѣ всегда запутаны частицы желѣза, въ видѣ мелкихъ шариковъ, которые составляютъ около 5% всего вѣса шлака. Эти 5% слѣдуетъ вычесть изъ найденнаго вѣса.



Такимъ образомъ величину вѣса шлака въ 72 пуд. слѣдуетъ увеличить на 5%. Окончательно получимъ  $72 + \frac{72 \times 5}{100} = 72 + 3,6 = 75,6$  пуд., т. е. величину, отличающуюся отъ вычисленной на 1,25%.

Изъ вышеприведеннаго расчета видно, что вѣсъ одной закиси желѣза въ шлакѣ составляетъ 41,76 п., но величину эту слѣдуетъ уменьшить, такъ какъ въ ней заключаются окислы марганца, бывшаго въ шихтѣ, въ которой его заключалось 0,248%. Слѣдовательно, вѣсъ металлическаго марганца въ завалкѣ равенъ  $\frac{0,248 \times 630}{100} = 1,562$  п., а послѣ окисленія онъ перейдетъ въ  $1,562 \times 1,29 = 2,02$  п. Такъ что вѣсъ закиси желѣза =  $41,76 - 2,02 = 39,74$  пуд.

Въ шихту прибавляютъ около 10% желѣзной руды (5% въ завалку и 5% во время плавки), т. е. 60 пуд., а въ ней заключается 90%  $Fe_2O_3$ , слѣдовательно въ плавку вводятъ  $60 \times 0,9 = 54$  пуд.  $Fe_2O_3$ , которая возстановляется въ закись во время процесса, а потому теряетъ въ вѣсѣ по слѣдующему отношенію: 159,64 ч.  $Fe_2O_3$  послѣ возстановленія переходятъ въ 143,68  $FeO$ , или 1 ч.  $Fe_2O_3$  переходитъ въ  $\frac{143,68}{159,64} = 0,9$  ч.  $FeO$ , то 54 п.  $Fe_2O_3$  перейдутъ въ  $54 \times 0,9 = 48,6$  пуд.  $FeO$ . Въ шлакѣ по вышеприведенному заключается только 39,74 п.  $FeO$ , то избытокъ въ 8,86 п.  $FeO$  возстановился въ металлическое желѣзо и перешелъ въ сталь. 71,84 ч.  $FeO$  переходятъ въ 55,88 ч.  $Fe$ , то 1 ч.  $FeO$  перейдетъ въ  $\frac{55,88}{71,84} = 0,764$  ч.  $Fe$ , слѣдовательно изъ 8,86 п.  $FeO$  получится 6,77 пуда металлическаго желѣза, т. е. больше 1% вѣса всей завалки, а такъ какъ количество скрапа (не проходящаго черезъ вѣсы) отъ каждой плавки простирается до 5%, то нѣтъ никакой возможности опредѣлить непосредственнымъ взвѣшиваніемъ стальныхъ болванокъ эту незначительную прибыль металла (въ 1%). Въ зависимости отъ вышеприведенныхъ причинъ вопросъ о возстановленіи руды въ металлическое желѣзо въ мартеновской печи долго считался спорнымъ, хотя трудно не признать возможности возстановленія руды до конца, а по вышеуказаннымъ расчетамъ шлака возстановленіе вѣроятно имѣетъ мѣсто, хотя и въ малыхъ, относительно, количествахъ. Въ настоящее время признано что около 50%  $Fe$  руды возстановляется и переходитъ въ сталь.

Изъ расчета шихты въ предыдущей главѣ выведенъ угаръ углерода, кремнія и марганца въ 3,94% = 2,604 + 0,248 + 1,091; къ нему слѣдуетъ прибавить желѣзо, механически запутанное въ шлакѣ, вѣсъ котораго доходитъ до 4 пуд. и составляетъ  $\frac{4 \times 100}{600} = 0,7\%$  вѣса завалки, такъ что полный угаръ равенъ  $3,94 + 0,7 = 4,64\%$ , что вполне согласуется съ мѣсячными отчетами производительности мартеновскихъ печей. Въ этихъ

отчетахъ угарь колеблется отъ 4 до 5% и скрапъ доходить до такой же величины.

Шлакъ при мартеновской плавкѣ составляетъ очень существенную часть; при его посредствѣ идетъ процессъ окисленія примѣсей чугуна, а кромѣ того онъ предохраняетъ поверхность металла отъ окислительнаго дѣйствія печныхъ газовъ, что особенно ясно замѣтно при первой плавкѣ, на новой печи. Какъ сказано выше (см. гл. II), передъ началомъ первой завалки на подѣ печи насыпаютъ тачку — двѣ кислаго шлака, который долженъ замѣнить шлакъ, остающійся въ печи послѣ каждой плавки, но этого всегда бываетъ недостаточно, такъ что даже взять пробу стали бываетъ затруднительно. Главный недостатокъ отсутствія шлака выражается въ томъ, что онъ покрываетъ собою не всю поверхность расплавленнаго металла, угарь котораго вслѣдствіе этого сильно увеличивается, а именно онъ доходитъ до 12—15%, между тѣмъ какъ при послѣдующихъ плавкахъ онъ не превышаетъ 5%, какъ сказано выше.

По наружному виду кислый шлакъ представляетъ ноздреватую массу, свѣтло-сѣраго цвѣта, хрупкую, съ твердостью отъ 4 до 5, при удѣльномъ вѣсѣ въ порошкообразномъ состояніи около 3-хъ. Цвѣтъ шлака въ порошокѣ свѣтло-сѣровато-желтый.

Кромѣ наружнаго вида, по которому кислый шлакъ сильно отличается отъ основнаго, главное различіе между ними существуетъ въ расплавленномъ состояніи; а именно: кислый шлакъ плавится при нисшей температурѣ, нежели основной, поэтому первый гуще на видѣ и цвѣтъ его краснѣе послѣдняго. Кромѣ того различіе между этими шлаками еще яснѣе замѣтно, если ихъ налить въ изложницу, на поверхность расплавленнаго металла. Кислый шлакъ при этомъ скоро и ровно застываетъ и сталь подъ нимъ не вырастаетъ, а основной шлакъ сильно пучится, часто переливается черезъ края изложницы и долго не застываетъ, что зависитъ отъ выдѣляющихся, изъ основной стали, газовъ при ея застываніи. При этомъ каждый новый пузырь выдѣляющихся газовъ выноситъ съ собою наружу часть горячаго шлака, бывшаго въ непосредственномъ соприкосновеніи со сталью, и мѣшаетъ образованію корки на его поверхности. т. е. не даетъ шлаку затвердѣвать. Подъ шлакомъ основная сталь всегда вырастаетъ.

Это вспучиваніе основнаго шлака, выдѣляющимися изъ стали газами, зависитъ отъ кипѣнія основной стали въ изложницахъ до затвердѣнія; причемъ изъ нея выдѣляется много газовъ, а кислая сталь застываетъ тотчасъ же послѣ наливаанія, безъ всякаго кипѣнія, но все таки изъ нея выдѣляются газы, которые по моимъ опредѣленіямъ имѣютъ слѣдующій химическій составъ: газы выдѣляющіеся изъ кислой стали— $H-90\%$ ;  $CO-2\%$ ;  $O-1\%$ ;  $N-7\%$ , а изъ основной— $H-2,5\%$ ;  $CO-90\%$ ;  $O-1,5\%$ ;  $N-6\%$ .

Можно предположить, что кислый шлакъ обладаетъ способностью отчасти пропускать, или поглощать газы, что подтверждается его ноздреватымъ сложеніемъ, между тѣмъ какъ основной шлакъ, вполне плотнаго сложенія, не обладаетъ этой способностью и потому вытѣсняется изъ изложницы газами.

Выдѣленіе газовъ изъ стали начинается тотчасъ же послѣ выпуска ея изъ печи, оно ясно замѣтно надъ желобомъ и ковшомъ, гдѣ во все время вытеканія стали поднимаетъ облако тонкаго дыма, а съ началомъ вытеканія шлака изъ печи дымъ совершенно исчезаетъ. Сходство газовъ, выдѣляющихся изъ стали, съ легкимъ дымомъ зависитъ отъ мельчайшихъ твердыхъ частицъ, увлекаемыхъ ими механически, такъ что собранные газы въ стеклянной трубкѣ надъ водою или ртутью обладаютъ дымчатымъ видомъ въ теченіи нѣсколькихъ часовъ, а на другой день становятся вполне прозрачными, такъ какъ твердыя частицы осѣдаютъ, но собрать и анализировать ихъ, мнѣ не удалось, по ограниченному ихъ количеству.

---

## ОТДѢЛЪ ЧЕТВЕРТЫЙ.

### Печь съ основною набойкою.

Томасъ и Гилькристъ первые достигли выдѣленія фосфора изъ расплавленной стали. Затѣмъ Грюнеръ, Ловтианъ Белль и Снеллюсъ занимались этимъ вопросомъ. Въ своемъ патентѣ Томасъ и Гилькристъ упоминаютъ о выдѣленіи фосфора въ пламенныхъ печахъ на основную набойку, но не ввели свою мысль въ исполненіе. Первые извѣстія о хорошихъ результатахъ достигнутыхъ дефосфоризаціею на поду въ пламенныхъ печахъ были получены за границую изъ Домбровы и Александровскаго сталелитейнаго завода въ С.-Петербургѣ. Это побудило къ изслѣдованіямъ въ Германіи и Англій, которыя, какъ извѣстно, давно увѣнчались блестящими успѣхами. Высокія качества стали, получаемой изъ малоцѣнныхъ нечистыхъ матеріаловъ, были главною причиною столь быстро распространения основнаго процесса.

Прежній кислый процессъ представлялъ смѣсь части чугуна съ большею частью желѣзной лопи. Основной процессъ въ началѣ почти повсемѣстно велся на 25—30% чугуна и 70—75 желѣза; но съ теченіемъ времени количество желѣзной лопи пришлось уменьшить, что повлекло къ примѣненію руды, какъ окислителя примѣсей чугуна. Одной изъ самыхъ существенныхъ частей основнаго процесса является устройство основнаго набойки пода.

#### ГЛАВА ПЕРВАЯ.

#### Пускъ печи въ ходъ.

Подъ основныхъ печей дѣлаютъ: а) изъ доломита, б) хромистаго желѣзняка, или в) изъ магнезита (См. отд. II, гл. III).

а) *Доломитовый подъ* дѣлаютъ на кирпичной кладкѣ изъ динаса покрывая ее слоемъ смѣси изъ порошка хромистаго желѣзняка со смолою, на который постепенно наносятъ и трамбуютъ тонкіе слои смѣси обожженнаго и размолотаго доломита съ обезвоженною, каменноугольною смолою. Толщина трамбуемыхъ слоевъ не больше  $\frac{1}{2}$ " , а толщина всей на-

бойки 3—6", хотя часто ее дѣлають толще. Это самый старый и самый ненадежный способ устройства пода, но примѣняющійся у насъ еще на многихъ заводахъ. Поверхъ набитого слоя наваривають на ходу печи еще тонкій (1—1½") слой чистаго доломита.

б) *Хромистый подъ* дѣлають: изъ кусковъ хромистаго желѣзняка, или изъ смѣси порошка со смолою, или, наконецъ, изъ хромистыхъ кирпичей. Подъ, сложенный изъ природныхъ кусковъ хромистаго желѣзняка, представляетъ то неудобство, что содержитъ всегда щели между отдельными кусками хромистаго желѣзняка, хотя и заполняемая смѣсью порошка со смолою, но тѣмъ не менѣе являющаяся часто причиною ухода плавка въ печь. Гораздо лучше набивной подъ изъ смѣси порошка хромистаго желѣзняка со смолою, который дѣлають такъ же точно, какъ и доломитовый, а еще лучше подъ сложенный изъ хромистыхъ кирпичей. Онъ не уступаетъ магнезитовому поду и не получилъ распространения за границу только благодаря дороговизнѣ хромистаго желѣзняка, а у насъ, особенно на Уралѣ, способъ этотъ имѣетъ большую будущность, но въ настоящее время нѣтъ заводовъ, производящихъ у насъ кирпичъ такого рода.

На слой хромистаго желѣзняка, составленный по одному изъ трехъ вышеуказанныхъ способовъ, наваривають набойку изъ чистаго доломита на ходу печи.

в) *Магнезитовый подъ* или набивають изъ смѣси магнезитаго порошка со смолою, или выкладываютъ изъ магнезитаго кирпича. Въ обоихъ случаяхъ поверхъ магнезита наваривають на ходу печи слой магнезитаго порошка съ примѣсью 5% основнаго шлака, или слой чистаго доломита толщиной въ 3—5".

Набивають смѣсь магнезитаго порошка со смолою на кладку изъ кварцеваго кирпича, отдѣляя ее отъ магнезита слоемъ смѣси порошка хромистаго желѣзняка со смолою, или лучше на кладку изъ магнезитаго кирпича. Смѣсь наносятъ тонкими слоями и трамбуютъ, какъ и въ предыдущихъ случаяхъ, раскаленными трамбовками до отказа. На утрамбованный слой наваривають на ходу печи набойку изъ магнезитаго порошка, смѣшаннаго съ 5% чистаго, основнаго шлака, если работу ведутъ на одномъ магнезитѣ, или изъ чистаго, обожженнаго доломита.

Кладку пода изъ магнезитаго кирпича начинаютъ или отъ подовыхъ досокъ, или выкладываютъ нижнія части кладки изъ кварцеваго кирпича, покрываютъ его слоемъ смѣси хромистаго порошка со смолою и на послѣднемъ выкладываютъ слой магнезитаго кирпича толщиной въ 12—15". Хотя во второмъ случаѣ расходъ магнезитаго кирпича меньше, но первый способъ имѣетъ большое преимущество, такъ какъ при немъ нѣтъ разнородныхъ расширеній кварцеваго и магнезитаго кирпича отъ нагрѣ-

ванія. Цементомъ для магнезитоваго кирпича служитъ или обезвоженная, каменноугольная смола, или смѣсь чистаго основнаго шлака съ магнезитовымъ порошкомъ, разведенная водою. На слой магнезитоваго кирпича навариваютъ на ходу печи набойку изъ магнетитоваго порошка съ примѣсью 5% основнаго шлака, или изъ чистаго доломита.

Лучшимъ изъ всѣхъ вышеприведенныхъ способовъ слѣдуетъ признать сплошную кладку изъ магнезитоваго кирпича съ наваренной на ней набойкою изъ магнезитоваго же порошка, но у насъ работаютъ почти исключительно на доломитовой набойкѣ, поэтому ниже опишу этотъ способъ работы.

Когда подъ печи оконченъ по тому, или другому способу, на него забрасываютъ дрова и затопляютъ ихъ для просушиванія печи. Последнее продолжается отъ 24 до 48 часовъ, а при вновь построенной печи— и дольше.

Въ просушенную печь пускаютъ газъ, соблюдая тѣ же предосторожности, какъ и при кислой печи (см. отд. III гл. I).

Когда печь нагрѣется настолько, что обрѣзки рельсовъ, придерживающіе набивныя части набойки, станутъ свѣтлокрасными, ихъ вынимаютъ, оставляя въ печи только листы (предназначенные для той же цѣли), которые скоро окисляются и переходятъ въ шлакъ. Печь постепенно нагрѣваютъ \*) въ теченіе 2—3-хъ сутокъ до температуры, при которой можетъ свариваться доломитъ (бѣлое каленіе—внутреннія части печи кажутся совершенно бѣлыми въ синее стекло). Послѣ чего приступаютъ къ производству наварной части набойки печи: предварительно выжигаютъ дерево изъ выпускнаго отверстія (см. ниже), пробиваютъ его ломомъ и начинаютъ *наводить* подъ и откосы обожженнымъ доломитомъ, при чемъ отверстіе остается все время открытымъ.

Подъ и откосы наводятъ слѣдующимъ образомъ: въ печь забрасываютъ лопатками обожженный и размолотый доломитъ и разравниваютъ его по всей поверхности пода кочергами, или большою ложкою, которой насыпаютъ доломитъ на тѣ точки пода, на которыя неудобно бросать его лопатками. Толщина слоя доломита, насыпаннаго такимъ образомъ, не должна превышать  $\frac{1}{2}$  дюйма, такъ какъ болѣе толстые слои очень трудно, или даже вовсе, не привариваются къ поду. Слой доломита вышеуказанной толщины привариваютъ къ поду, сильно нагрѣвая печь (температура основной печи при этой работѣ выше, чѣмъ соответственная температура кислой). Затѣмъ наводятъ точно такъ же второй и третій слои, приваривая каждый послѣдующій къ предыдущему. Толщина всей набойки до-

\*) По мѣрѣ нагрѣванія печи, расширяется сводъ, почему ослабляютъ пружины на связяхъ, скрѣпляющихъ его.

стигаетъ  $1\frac{1}{2}$ —2 дюймовъ. Во все время наведенія пода отверстіе остается открытымъ, что способствуетъ лучшему свариванію мадеры, въ которой оно продѣлано, а кромѣ того положеніе отверстія указываетъ, до какой высоты слѣдуетъ наводить доломитовую набойку. Если во время наращиванія ея въ отверстіе случайно попадетъ доломитъ, то его выгребаютъ съ наружной стороны печи, чтобы онъ не приваривался къ нижней поверхности отверстія и не уменьшалъ бы такимъ образомъ его размѣровъ.

Уклонъ пода на основныхъ печахъ дѣлаютъ гораздо меньше, чѣмъ на кислыхъ, потому что откосы нарастаютъ здѣсь быстрѣе и вмѣстимость ванны сильно уменьшается. Послѣ 60—80-ти плавокъ, приходится оплаковать боковые откосы, а заднюю стѣнку шлакуютъ и раньше для уменьшенія длины отверстія. Этотъ малый уклонъ пода является главною причиною тихаго вытеканія стали изъ отверстія при первыхъ плавкахъ, пока печь еще не зарощена (см. ниже гл. II).

Когда подъ и откосы наведены окончательно \*) задѣлываютъ отверстіе (см. гл. III), нагрѣваютъ печь по возможности сильнѣе и приступаютъ къ первой завалкѣ, предварительно насыпавъ на подъ молотаго известняка, на который уже заваливаютъ чугуны и прочіе матеріалы.

Вѣсъ первой завалки обыкновенно бываетъ около  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  вѣса нормальной ея величины, при чемъ она состоитъ изъ чистыхъ матеріаловъ (содержащихъ мало фосфора и сѣры), потому что при такихъ плавкахъ поверхность стали находится слишкомъ низко относительно порога печи. Послѣ двухъ, трехъ плавокъ завалку (или навѣску) увеличиваютъ до  $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$  ея нормальной величины, а пятую, или шестую плавку дѣлаютъ уже съ нормальной навѣскою. Когда уровень стали дойдетъ до такой высоты въ ваннѣ, что шлакъ можно сгребать, то чистую навѣску замѣняютъ обыкновенной, т. е. богатой фосфоромъ и сѣрою.

Если подъ печи старый, то по мѣрѣ нагрѣванія ея плавится набойка и стекаетъ въ нисшія точки пода. Въ это время на откосы и подъ бросаютъ окалину и сгарки, которые способствуютъ болѣе быстрому плавленію набойки. Когда шлаку соберется много, его выпускаютъ изъ печи, пробивая отверстіе. Последнее только тогда сохраняется, если задняя стѣнка не передѣлывалась, въ противномъ случаѣ его разламываютъ во время ремонта печи и только временно задѣлываютъ, послѣ пуска газа, мадерою (иногда глиною), а послѣ привариванія новой набойки, отверстіе набиваютъ по дереву (см. гл. III).

Шлакъ приходится выпускать нѣсколько разъ, пока подъ достаточно

\*) Слѣдуетъ не допускать образованія шлака на новой набойкѣ, такъ какъ онъ сильно разѣдаетъ последнюю и дѣлаетъ ее совсѣмъ негодною къ свариванію. Въ случаѣ образованія шлака приходится его удалить изъ печи и вновь наводить почти всю набойку.

понизится, или пока откосы сдѣлаются тонкими, чтобы имѣть возможность вновь навести набойку, не уменьшая при этомъ слишкомъ вмѣстимости ванны. Послѣ одного, или нѣсколькихъ выпусковъ шлака обыкновенно обнаруживается на поду и въ откосахъ застывшая сталь; она отчасти плавится и стекаетъ въ нисшія точки пода, образуя при этомъ густую жидкость (углеродъ такой стали почти весь выгорѣлъ отъ продолжительнаго кипѣнія); для разжиженія послѣдней въ печь кладутъ 10—30 пудовъ чугуна (смотря по количеству стали въ печи), даютъ ему расплавиться и перемѣшаться со сталью и, когда смѣсь закипитъ хорошо, выпускаютъ ее изъ печи. Обыкновенно не вся застывшая сталь расплавляется и можетъ быть удалена изъ печи. Чтобы удалить оставшуюся послѣ перваго выпуска, сталь, прибавляютъ вторично чугунъ и снова выпускаютъ его послѣ расплавленія. До выпуска металла необходимо дать ему прокитѣть минутъ 15, чтобы онъ разогрѣлся и при вытеканіи изъ печи не застывалъ въ отверстіи. Если чугунъ плохо кипитъ, то прибавляютъ 2—3 пуда зеркальнаго, который способствуетъ болѣе сильному кипѣнію. Если послѣ выпуска металла изъ печи на поду останется жидкая сталь въ ямахъ, то послѣднія *замѣшиваютъ* (см. ниже, гл. IV) и комья стали удаляютъ изъ печи.

Когда на поду и въ откосахъ нѣтъ больше стали, приступаютъ къ ремонту разбѣденныхъ мѣстъ, обожженнымъ доломитомъ, а затѣмъ и весь подъ наводятъ, сообщая ему уклонъ къ выпускному отверстію, также какъ и при новой печи.

Если выпускное отверстіе оставалось годнымъ послѣ ремонта, то его просушиваютъ и не задѣлываютъ, наводя по нему подъ. Если же оно было выломано при ремонтѣ задней стѣнки, то его временно задѣлываютъ и послѣ наведенія пода набиваютъ по дереву слѣдующимъ образомъ:

Когда подъ и откосы наведены окончательно, отверстіе тщательно прочищаютъ трамбовкою, въ нижнюю часть его насыпаютъ тонкій слой мадеры, утрамбовываютъ его ломомъ и кладутъ на него круглый, деревянный шестъ, діаметромъ, въ 75 мм.  $1\frac{3}{4}$  метра длиною, такъ чтобы одинъ конецъ его прошелъ въ печь и пришелся бы въ нисшей точкѣ пода, а за другой конецъ шестъ придерживаютъ руками съ наружной стороны. Съ внутренней стороны печи забрасываютъ конецъ шеста мадерою (8—10 лопатъ), утрамбовываютъ ее скребкомъ, оставляя \*) послѣдній въ печи и придерживая его руками, чтобы удержать на мѣстѣ утрамбованную мадеру. Въ то же самое время съ наружной стороны печи утрамбовываютъ мадеру деревянной трамбовкою, распредѣляя массу равномерно вокругъ дерева, а затѣмъ бросаютъ лопатками новыя количества мадеры, продолжая утрамбовывать ее. Заразъ бросаютъ одну, двѣ лопатки мадеры, трамбуютъ ее

\*) Притокъ газа въ печь прекращаютъ на время набиванія отверстія.



и снова подбрасывают такое же количество и такъ дальше. Вновь забрасываемыя количества мадеры распределяють равномерно деревянной трамбовкою, которою трамбуютъ сначала въ ручную, а потомъ ударяя по концу трамбовки молотами, чтобы достигнуть большей плотности трамбуемаго слоя. При набиваніи прежде всего покрывается мадерою дерево, какъ расположенное въ нижней части отверстия; по бокамъ дерева особенно тщательно трамбуютъ мадеру, а затѣмъ вновь покрываютъ ею дерево и заполняютъ отверстие до верху, т. е. до кирпичной арки \*). Такимъ образомъ продолжаютъ набивать, пока наружный слой мадеры достигнетъ до рамки (чугунной), тогда его внизу закладываютъ комками сухой глины, чтобы мадера не вытекала изъ отверстия по мѣрѣ ея нагреванія, затѣмъ набиваютъ мадеру выше дерева и снова закладываютъ глиною, которую тоже утрамбовываютъ и, наконецъ, засыпаютъ мадеру до самаго верха отверстия глиною. Послѣ набиванія отверстия приступаютъ къ просушиванію его съ наружной стороны и выжиганію дерева, для чего по обѣимъ сторонамъ послѣдняго кладутъ раскаленные ломы и на нихъ располагають дрова. Они сгорають, сжигаютъ наружную часть дерева и одновременно просушиваютъ съ наружной стороны отверстие.

Черезъ 4 часа можно предположить, что отверстие достаточно просохло; тогда выжигаютъ оставшуюся въ массѣ мадеры часть дерева нагрѣтыми до красна ломами. Когда дерево сполна обуглится, отверстие пробиваютъ ломомъ, прочищаютъ трамбовкою и для лучшаго просушиванія кладутъ въ него раскаленные ломы.

Съ внутренней стороны сбиваютъ мадеру, приварившуюся къ поду и образующую бугоръ передъ отверстиемъ, чтобы подъ получилъ правильный уклонъ къ отверстию.

Толщина всего слоя мадеры въ отверстіи около 1 метра (920 мм.). Все количество мадеры, идущее на набиваніе отверстия, простирается до 6-ти ведеръ, а вѣсъ одного ведра мадеры =  $1\frac{3}{4}$  пуд., слѣдовательно вѣсъ всего количества мадеры доходитъ до 10 пудовъ.

Черезъ 2 — 3 часа послѣ пробиванія отверстия его задѣлываютъ (см. ниже, гл. III) и приступаютъ къ первой завалкѣ, причемъ поступаютъ также точно, какъ и при печи съ новымъ подомъ, съ тою только разницею, что здѣсь быстрѣе увеличиваютъ вѣсъ завалки.

\*) См. От. II, Гл. III.

## ГЛАВА ВТОРАЯ.

## Первая плавка.

Когда отверстие задѣлано и печь нагрѣта, начинаютъ заваливать известнякъ, разбитый въ мелкіе куски (величиною въ грецкій орѣхъ), или размолотый въ порошокъ. Известнякъ слѣдуетъ завалитъ передъ каждою плавкою, для сохраненія пода отъ ударовъ чугунныхъ свинокъ (и т. п. матеріаловъ), но при первой плавкѣ это имѣетъ особенное значеніе, такъ какъ набойка печи еще очень мягкая. Послѣ первой плавки она уплотняется и подъ понижается приблизительно на  $\frac{1}{2}$  дюйма. Мягкая, неуплотненная набойка плохо прогрѣвается газомъ и если на нее прямо завалить завалку, то плавка долго сидитъ въ печи, сталь слабо и непродолжительно кипитъ, приходится подогрѣвать ее, прибавляя кремнистый чугунъ (отъ 7% до 10% чугуна и 1—2% зеркальнаго), а иногда приходится прибѣгать къ прибавленію ферросилиція (около 1%), или зеркальнаго (4%—5%). Матеріалы эти способствуютъ болѣе сильному и продолжительному кипѣнію ванны, что повышаетъ температуру стали; она можетъ быть выпущена изъ печи и разлита по изложницамъ безъ чувствительнаго остатка въ ковшѣ въ видѣ настыли.

Какъ на вновь наведенный подъ, такъ и на старый, на который не приходилось прибавлять чугуна для удаленія старой стали, лучше не заваливать прямо навѣску, а предварительно положить въ печь около 50 пудовъ чугуна, расплавить, дать прокипѣть и выпустить на бракъ. Во время кипѣнія этого чугуна подъ прогрѣется лучше, нежели однимъ газомъ. Если на старомъ поду печи осталось много стали, для удаленія которой прибавляли одинъ, или нѣсколько разъ чугунъ и давали ему закипѣть, то подъ печи при этомъ очень хорошо прогрѣлся; его можно поправить доломитомъ и прямо заваливать навѣску. Подъ конецъ такой плавки бываетъ достаточно прибавить 1—2% зеркальнаго, чтобы ее выпустить и разлить по изложницамъ.

При новомъ подѣ иногда доломить навариваютъ на слой чистаго магнезитоваго порошка, который плотно утрамбовываютъ на магнезитовомъ кирпичѣ. Но послѣ первой плавки обыкновенно отрываются куски такой набойки, потому что магнезитовый порошокъ не сваривается безъ примѣси шлака. Лучше не покрывать магнезитоваго кирпича слоемъ такого же порошка, но ограничиться лишь однимъ заполненіемъ щелей между отдѣльными кирпичами смѣсью порошка со смолою, а еще лучше съ водою, въ которой размѣшанъ мелко молотый основной шлакъ, которую тоже утрамбовываютъ раскаленными, желѣзными трамбовками, при чемъ доломить приходится наваривать прямо на магнезитовый кирпичъ, къ кото-

рому онъ хорошо приваривается и не отрывается не только послѣ первой плавки, но и послѣ многихъ послѣдующихъ.

Выходъ стали изъ первой плавки такъ же, какъ и на кислой печи, бываетъ меньше нормальнаго, какъ вслѣдствіе большой настыли въ ковшѣ, такъ и вслѣдствіе большого угара, обусловленнаго холодною плавкою.

Такъ какъ сталь при первой плавкѣ бываетъ холодною, чѣмъ при послѣдующихъ, то нужно обращать особенное вниманіе на хорошій нагрѣвъ разливочнаго ковша, а кромѣ того, разливать сталь не въ глухія изложницы (см. ниже гл. XIII), а въ открытыя и готовить сталь не самую мягкую (напр. 2 М.).

Основная печь въ верхней своей части (т. е. за исключеніемъ пода) вполне сходна съ кислую печью, то и условія предохраненія ея отъ сгорания тѣ же, какъ и при кислой печи (см. выше отд. V гл. II). Слѣдуетъ, однако, прибавить, что температура плавленія основной стали (какъ болѣе бѣдной углеродомъ) значительно выше температуры плавленія кислой стали, а потому основную печь подъ конецъ плавки приходится нагрѣвать сильно, чѣмъ кислую, слѣдовательно имѣется больше шансъ на сгораніе печи; чего, впрочемъ, легко избѣгнуть своевременнымъ (болѣе частымъ, чѣмъ на кислой печи) перекидываніемъ клапановъ.

Навѣска для первой плавки дѣлается мягче и чище, какъ сказано выше.

Мягкую навѣску заваливаютъ потому, чтобы сталь не кипѣла слишкомъ долго и не разѣдала бы сильно новой набойки печи. Чистая навѣска (т. е. содержащая сравнительно мало фосфора и сѣры) необходима въ виду того, что нельзя удалить шлакъ изъ печи при нѣсколькихъ первыхъ плавкахъ, при которыхъ уровень шлака ниже порога; величина такихъ навѣсокъ меньше нормальныхъ, а потому онѣ занимаютъ въ ваннѣ меньше мѣста. Если же оставшійся въ печи шлакъ былъ бы богатъ фосфоромъ, то при прибавленіи ферромарганца, зеркальнаго и кремнистаго чугуна, часть фосфора возстановлялась бы элементами вышеуказанныхъ сплавовъ и переходила бы обратно въ сталь.

Заваливаніе первой навѣски слѣдуетъ производить тихо, съ перерывами для подогрѣва печи, чтобы послѣднюю охладить возможно меньше.

При первой плавкѣ обыкновенно мало шлака, что влечетъ за собою большія неудобства, а именно: ложку для пробы стали нельзя ошлаковать, такъ что къ ней приваривается сталь и при выливаніи изъ ложки она выдѣляетъ много искръ (сталь *горитъ въ ложку*), что указываетъ на непригодность стали \*) для выпуска, хотя на самомъ дѣлѣ сталь хо-

\*) При нормальныхъ условіяхъ т. е. если ложка была хорошо ошлакована.

роша. Чтобы избѣжать такой ошибки, слѣдуетъ предварительно обмазать ложку глиною и высушить послѣднюю.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### Выпускное отверстіе.

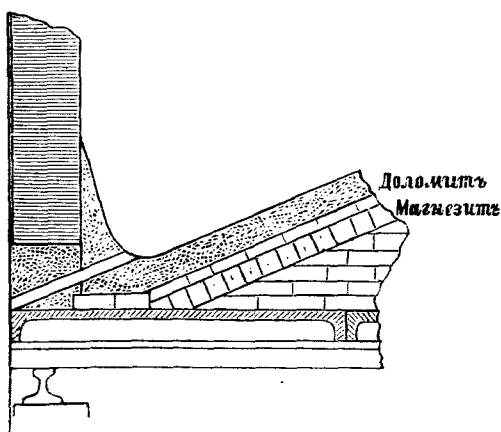
Когда сталь и большая часть шлака вытекутъ изъ печи, то въ углубленіяхъ пода остается всегда нѣкоторое количество стали, а подъ весь покрытъ слоемъ шлака, который сгребають плоскими кочергами къ выпускному отверстію вмѣстѣ съ остатками стали и удаляютъ трамбовками изъ отверстія наружу печи. Шлакъ на основныхъ печахъ имѣеть болѣе жидкую консистенцію, нежели на кислыхъ, а потому онъ легче вытекаетъ изъ отверстія. Если шлакъ густъ, то для разжиженія его бросаютъ въ печь нѣсколько пудовъ плавикового шпата, или окалины, а при магнетитовой набойкѣ прекрасно разжижаетъ шлакъ одна лопатка мелкаго песка.

Если на поду имѣются небольшія ямы, то сталь выплескиваютъ изъ нихъ скребкомъ (какъ на кислыхъ печахъ) и проводятъ въ отверстія трамбовкою.

Когда почти весь шлакъ и сталь удалены (при помощи трамбовки) изъ отверстія, приступаютъ къ чисткѣ (*сушенію*) его. Для этой цѣли вводятъ въ отверстіе трамбовку широкимъ концомъ и быстро передвигаютъ ея взадъ и впередъ по нижней части отверстія, причѣмъ конецъ трамбовки долженъ проходить въ печь; въ то же время бросаютъ въ отверстіе съ наружной стороны лопатки двѣ сгарокъ, а съ внутренней — лопатъ ѓ обожженнаго доломита. Когда въ отверстіи нѣтъ больше стали, трамбовку выдвигаютъ такъ, чтобы широкій конецъ ея приходился приблизительно по срединѣ длины отверстія и бросаютъ въ него съ внутренней стороны лопатку мадеры, которую покрываютъ лопаткою обожженнаго доломита и уплотняютъ скребкомъ, оставляя его въ печи и придерживая имъ утрамбованную мадеру. Въ это время съ наружной стороны печи утрамбовываютъ мадеру трамбовкою до тѣхъ поръ, пока придерживающій скребокъ (съ передней стороны печи) почувствуетъ рукою сотрясенія отъ ударовъ трамбовки. Это указываетъ, что слой мадеры въ отверстіи достаточно уплотненъ. Такъ какъ мадера представляетъ болѣе пластичную массу, чѣмъ смѣсь сгарокъ и песку (для задѣлыванія отверстія кислой печи), то трамбуютъ первую только руками; удары молота по концу трамбовки (какъ на кислой печи) здѣсь не примѣняются, потому что трудно пробить плотный слой мадеры при раздѣлываніи отверстія. Когда мадера

утрамбована, съ наружной стороны печи бросаютъ въ отверстіе два комка густой огнеупорной глины, величиною въ добрый кулакъ каждый; утрамбовавъ ихъ, вынимаютъ скребокъ изъ печи и забрасываютъ утрамбованную мадеру лопаткою—двумя обожженнаго доломита. Этимъ оканчивается задѣлываніе отверстія съ внутренней стороны. Печь нагрѣваютъ и начинаютъ заваливать, а передъ самымъ началомъ завалки отверстіе покрываютъ еще одною лопаткою доломита, чтобы заполнить пустоты, образующіяся отъ выгоранія смолы въ мадерѣ. Съ наружной стороны отверстія задѣлка еще не окончена. Чась—полтора заваливаютъ при неполнѣ задѣ-

Черт. 98.



ланномъ отверстіи; въ теченіе этого времени слой мадеры и глины въ последнемъ нагрѣвается до-красна, тогда въ него бросаютъ лопатку мадеры, утрамбовываютъ ее, даютъ прогрѣться около часу, пока мадера нагрѣется до красна, и тогда ее забрасываютъ вторымъ слоемъ глины, утрамбовываютъ ее и покрываютъ еще глиною, такъ чтобы последняя выполняла все отверстіе до чугунной рамки.

На чертежѣ 98 показанъ разрѣзъ выпускнаго отверстія.

Окончательное задѣлываніе отверстія выполняется послѣ окончанія заваливанія.

Относительно замороженнаго отверстія можно сказать то же, что и при кислой печи (см. отд. III, гл. III). Слѣдуетъ, однако, прибавить, что отверстіе основной печи необходимо чистить тщательнѣе, чѣмъ кислой, потому что здѣсь пробиваніе нечисто задѣланнаго отверстія сопряжено съ большими затрудненіями и можетъ повлечь за собою потерю всей плавки. Поэтому, если при задѣлываніи отверстія въ немъ осталась сталь, то ни

въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ заваливать навѣску, а предварительно нагрѣть печь, раздѣлать \*) отверстие вторично (пробивая его, или выламывая, смотря по обстоятельствамъ) и снова задѣлать его.

Если печь была завалена помимо того, что отверстие задѣлано нечисто, то пробивать его слѣдуетъ стальными закаленными ломомъ, выгибая \*\*) конецъ ихъ кверху и направляя его возможно выше, чтобы миновать застывшую сталь и продѣлать отчасти новое отверстие въ верхнемъ слой мадеры; если это не удастся, то ставятъ ломы нѣсколько разъ подъ рядъ, направляя ихъ всегда въ одну и ту же точку, такъ что 4-й или 5-й ломъ часто проходитъ черезъ слой стали и пробиваетъ отверстие. Если и это не удастся, то пробуютъ пробивать толстымъ стальнымъ ломомъ, конецъ котораго вовсе не оттянуть, а только заострять; онъ проталкиваетъ весь слой застывшей стали въ печь и такимъ образомъ пробиваетъ отверстие. Послѣдній способъ вѣрнѣе всѣхъ прочихъ, но требуетъ много времени и большого числа рабочихъ. Если ни однимъ изъ вышеуказанныхъ способовъ не удалось пробить отверстия, то его задѣлываютъ слоемъ старокъ и глины и бросаютъ въ печь на заднюю стѣнку мелко разбитый зеркальный или ферросилицій (послѣдній дѣйствуетъ лучше), которые способствуютъ болѣе быстрому кипѣнію, при чемъ растворяется сталь въ отверстіи, и при вторичномъ пробиваніи ломъ проходитъ въ печь. Однако при этомъ необходимо поставить ковшъ на мѣсто подъ желобомъ, такъ какъ иногда сталь изъ печи сама уходитъ въ отверстие, растворивъ сначала застывшую тамъ сталь, а затѣмъ вытѣснивъ и слой мадеры, такъ какъ послѣдній вновь набить, не успѣвъ еще накалиться и затвердѣть.

Если приходится прибѣгать къ выпуску шлака по какойнибудь причинѣ, то отверстие задѣлываютъ только однимъ слоемъ мадеры и глины (такую задѣлку называютъ «подъ шлакъ»), а набойку печи не ремонтируютъ, потому что при нагрѣваніи печи до выпуска шлака набойка ея тоже шлакуется и весь вновь заброшенный доломитъ перешелъ бы въ шлакъ, такъ что послѣ выпуска шлака пришлось бы поправлять набойку вторично.

Если отверстие пробито, при чемъ въ немъ была застывшая сталь, то необходимо соблюдать предосторожности при увеличиваніи отверстия шомполомъ (какъ для болѣе быстрого вытекания стали, такъ и для протал-

\*) Если вторичное раздѣлываніе отверстия сопряжено съ большими затрудненіями, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ: на заднюю стѣнку, надъ отверстиемъ, бросаютъ лопаты двѣ—три мелко разбитаго кварцеваго кирпича (или песка) и въ ванну бросаютъ  $\frac{1}{2}$  — 1 п. ферросилиція. Кремневая кислота раздѣдаетъ ту часть набойки, въ которой застыла сталь, а ферросилицій способствуетъ ея расплавленію. Средство это настолько успѣшно, что обыкновенно сталь и шлакъ сами вытекаютъ изъ печи, безъ пробиванія отверстия.

\*\*) До закалки.

киванія шлака); онъ легко приваривается къ стали, застывшей въ отверстіи, и плотно закрываетъ послѣднее. Его стараются вырвать руками, но это почти никогда не удается; шомполь быстро нагрѣвается въ печи и рвется, при чемъ конецъ его остается въ отверстіи. Конецъ этотъ стараются выбить съ наружной стороны при помощи лома и молота, а если это не удастся, то кладутъ въ печь нѣсколько пудовъ (10—15 пуд.) чугуна и зеркальнаго (2—3 п.), даютъ ему закипеть, при чемъ шомполь растворяется отчасти въ стали, и отверстіе пробиваютъ какъ обыкновенно.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### Ремонтъ набойки пода.

Хотя на основной печи выгораніе углерода и марганца происходитъ на счетъ кислорода шлака, какъ на кислой печи (см. отд. III, гл. IV), но значительная часть этихъ элементовъ, а въ особенности кремнія и фосфора, выгораетъ на счетъ кислорода воздуха еще во время плавленія матеріаловъ. Выгораніе это зависитъ отъ очень измельченнаго матеріала, который приходится заваливать въ нѣсколько приемовъ, при чемъ каждый разъ матеріалъ наполняетъ печь почти до свода. Газы насквозь проходятъ черезъ раскаленный матеріалъ и, дѣйствуя на большую поверхность, сильно окисляютъ всѣ примѣси желѣза. Кромѣ того, послѣ расплавленія почти всего количества желѣза, начинается плавиться известнякъ (собственно онъ теряетъ углекислоту и постепенно шлакуется), что сопровождается сильнымъ вспучиваніемъ шлака (особенно при холодномъ ходѣ печи), который часто поднимается выше откосовъ и подмываетъ (разъѣдаетъ) кварцевый кирпичъ столбовъ и стѣнокъ. Такое вспучиваніе шлака называютъ «пѣною». Пѣна и плавленіе матеріала въ нѣсколько приемовъ дѣйствуетъ разъѣдающимъ образомъ на всю поверхность откосовъ, которые послѣ плавки оказываются всегда сильно поврежденными. Поэтому здѣсь откосы приходится поправлять гораздо больше, чѣмъ на кислой печи.

Послѣ выпуска плавки подъ обязательно счищаютъ плоскою кочергою, сгребая весь шлакъ къ выпускному отверстію, какъ было сказано выше, задѣлываютъ отверстіе и, если набойка пода хороша, то прекращаютъ притокъ газа и воздуха и приступаютъ къ лоправкѣ откосовъ. Для этой цѣли бросаютъ обожженный доломитъ лопатками на откосы такъ, чтобы одна лопатка приходилась непосредственно возлѣ другой и всѣ онѣ образовали бы непрерывное кольцо на откосахъ задней и боковыхъ стѣнокъ, а также передней. Каждая лопатка доломита (вѣсомъ около 10 фунтовъ) рассыпается въ печи, образуя слой толщиной отъ  $\frac{1}{4}$ " до  $\frac{1}{2}$ ";

этого слоя вполне достаточно и наращивать новый слой не слѣдуетъ, такъ какъ, во-первыхъ, теряется даромъ обожженный доломитъ (онъ все-таки весь ошлакуется во время плавки), а во-вторыхъ—печь *заростаётъ* отъ толстыхъ слоевъ доломита, т. е. вмѣстимость ванны уменьшается.

Тѣ части откосовъ боковыхъ стѣнокъ, которыя ближе къ передней стѣнкѣ, а также эту послѣднюю неудобно поправлять лопатками, а потому на нихъ насыпаютъ доломитъ большой ложкою, въ которую кладутъ его лопатками, вводятъ ложку по ролику въ печь и въ желаемомъ мѣстѣ высыпаютъ изъ нея доломитъ, который при этомъ ложится слишкомъ толстымъ слоемъ; его разравниваютъ этою же ложкою, или плоскою кочергою.

Если набойка печи разбѣдена, т. е. въ ней имѣются ямы: на поду, въ откосахъ, или около притолокъ (въ передней стѣнкѣ), то прежде всего приступаютъ къ чисткѣ (*замѣшиванію*) этихъ ямъ. Замѣшиваютъ ямы такъ же точно, какъ и на кислыхъ печахъ, только подъ скребокъ бросаютъ необожженный, молотый доломитъ, который пережмивается со сталью и затѣмъ удаляется изъ печи. Если яма была не очень глубока, то ее можно поправить сразу, но глубокія ямы необходимо наращивать въ нѣсколько пріемовъ, насыпая каждый разъ слой доломита не толще  $\frac{1}{2}$  дюйма. Въ ямы насыпаютъ доломитъ большой ложкой, которой и разравниваютъ его. Если яма очень глубокая, или очень большая, то часть стали выплескиваютъ изъ нея при помощи скребокъ, задѣлываютъ отверстие, понижаютъ подъ по направленію къ выпускному отверстию, ошлаковывая набойку его окалиною и плавиковымъ шпатомъ для того, чтобы часть стали стекла къ отверстию; пробиваютъ послѣднее, выпускаютъ накопившійся шлакъ, а вмѣстѣ съ нимъ вытекаетъ и часть стали, высушиваютъ и задѣлываютъ отверстие, а остальную часть стали въ ямѣ замѣшиваютъ необожженнымъ доломитомъ.

Если на поду образуется двѣ, или больше ямъ, хотя и неглубокихъ, то замѣшивать ихъ нельзя, потому что во время чистки одной изъ нихъ (что дѣлается безъ доступа газа въ печь) остальные застынутъ.

Въ такихъ случаяхъ приходится прибѣгать къ шлакованію пода, при чемъ такъ понижаютъ его, чтобы ямы соединились между собою и сталь перешла бы въ ту, которая ближе къ выпускному отверстию. Тогда выпускаютъ шлакъ, выплескиваютъ часть стали, а остальную замѣшиваютъ и высушиваютъ подъ вездѣ, гдѣ были ямы.

Къ выпусканію шлака приходится прибѣгать и въ такомъ случаѣ, если послѣ выпуска плавки доломитъ на поду не представляетъ твердой, сварившейся массы, а имѣетъ видъ жидкаго тѣста. При нагреваніи такой доломитъ не приваривается къ поду, а становится болѣе жидкимъ,



такъ какъ перемѣшанъ со шлакомъ и самъ постепенно шлакуется. Его приходится удалить изъ печи, для чего бросаютъ въ нее окалину, или лучше немного песку, разжижаютъ такимъ образомъ шлакъ и, пробивъ отверстіе, выпускаютъ его; подъ тщательно очищаютъ кочергою и вновь наращиваютъ его доломитомъ. Случай этотъ имѣетъ мѣсто большею частью на старыхъ печахъ, являясь послѣдствіемъ какъ несовершеннаго привариванія доломита къ поду передъ завалкою, такъ и продолжительнаго кипѣнія плавки, а иногда это происходитъ отъ недоброкачества доломита (съ большимъ содержаніемъ  $SiO_2$  и  $Fe_2 O_3$  и малымъ  $MgO$ ).

Когда подъ печи очищенъ отъ шлака послѣ выпуска плавки, или замѣшиванія ямъ, печь одогрѣваютъ, поправляютъ откосы и раздѣнные мѣста пода обожженнымъ доломитомъ, снова нагрѣваютъ печь возможно сильнѣе, чтобы вновь заброшенный доломитъ хорошо приварился къ старой набойкѣ и начинаютъ заваливать.

Очень глубокія ямы засыпаютъ предварительно старымъ мелко разбитымъ магнезитовымъ кирпичемъ, привариваютъ его и поверхъ покрываютъ слоемъ доломита, который снова привариваютъ. Для этой же цѣли примѣняютъ смѣсь магнезитаго порошка съ обезвоженною смолою. При толки (т. е. части передней стѣнки у оконъ) и заднюю стѣнку поправляютъ смѣсью молотой хромистой руды (хромистый желѣзнякъ), или магнезитаго порошка съ обезвоженною смолою; смѣсь эта пристаеетъ къ крутой задней стѣнкѣ печи и приваривается; ее покрываютъ слоемъ доломита.

Глубокія ямы поправляютъ на нѣкоторыхъ заводахъ смѣсью доломита со смолою (мадерою), или смѣсью хромистой руды со смолою; дѣлается это только тамъ, гдѣ нѣтъ магнезитаго кирпича, или порошка, который несравненно прочнѣе чѣмъ первая изъ вышеуказанныхъ смѣсей.

Привариваніе доломита въ новой печи не представляетъ никакого затрудненія, между тѣмъ какъ въ старой—съ холоднымъ ходомъ, это трудно разрѣшимая задача. Однимъ изъ болѣе удачныхъ способовъ разрѣшенія ея, слѣдуетъ признать ремонтъ набойки не чистымъ, обожженнымъ доломитомъ, а смѣсью его съ 5% чистаго, просѣяннаго песку, который шлакуетъ часть доломита и способствуетъ такимъ образомъ болѣе легкому свариванію остальной его части. Такая смѣсь доломита съ пескомъ сваривается при низкой температурѣ, которая имѣется въ печи съ холоднымъ ходомъ и при которой чистый доломитъ не можетъ свариваться. Однако слѣдуетъ замѣтить, что такой доломитъ неустойчивъ; онъ раздѣдается сталью въ нѣсколько плавокъ.

Отъ постоянныхъ поправокъ откосовъ, а также и отъ заваливанія известняка на подъ, печь постепенно зарастаетъ, т. е. уровень пода поднимается, а толщина откосовъ увеличивается. Главная причина зараста-

нія основной печи (кислая печь не зарастаютъ) состоитъ въ томъ, что только незначительная часть набойки шлакуется, главная масса шлака получается изъ известняка, заливаемого въ печь вмѣстѣ съ желѣзовъ, а значительная часть доломита, введеннаго въ печь для ремонта набойки, остается въ ней, увеличиваетъ толщину откосовъ и уменьшаетъ емкость ванны. Если основная набойка не хорошо сварена, то въ ней образуются ямы; но это обстоятельство не уменьшаетъ толщины ея, такъ какъ ямы приходится поправлять, наращивая ихъ до прежняго уровня, а даже нѣсколько выше старой набойки, иначе ямы будутъ постоянно образоваться въ одномъ и томъ же мѣстѣ послѣ каждой плавки, такъ какъ вновь нарощенный слой доломита уплотнится и послѣ плавки въ немъ образуется углубленіе.

Вслѣдствіе зарастанія печи емкость ванны при доломитовой набойкѣ уменьшается, отъ чего уровень стали повышается и при сгребаніи шлака часть стали вытекаетъ вмѣстѣ съ нимъ изъ печи, такъ что черезъ 50—60 плавокъ, необходимо ошлаковать набойку печи, т. е. понизить подъ и уменьшить толщину откосовъ. При магнетитовой набойкѣ нѣтъ этого недостатка. Шлакують набойку окатиною и плавиковымъ шпатоу, хотя лучше всего дѣйствуютъ мелкіе сгарки и песокъ. Сгаркамн \*) можно даже шлаковать набойку, не прибѣгая къ выпуску шлака. Съ этою цѣлью на подъ и откосы бросаютъ слой сгарокъ толщиной около  $\frac{1}{2}$  до 1 дюйма и на него заваливаютъ навѣску, какъ обыкновенно; пока послѣдняя плавится, сгарки выгораютъ, а зола ихъ и примѣшанный всегда къ нимъ песокъ шлакують набойку, такъ что послѣ выпуска плавки подъ и откосы оказываются равномерно пониженными.

Больше всего зарастаютъ углы между боковыми откосами и притолками малыхъ оконъ, а также задняя стѣнка, а потому при шлакованіи набойки слѣдуетъ обращать больше вниманія на эти мѣста. Толщина задней стѣнки имѣетъ еще и то неудобство, что влечетъ за собою чрезмерную длину отверстия, а это затрудняетъ пробиваніе послѣдняго, поэтому толщину задней стѣнки уменьшаютъ, какъ только отверстіе стачетъ слишкомъ длиннымъ.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

### Нагрѣваніе печи и завалка.

Когда набойка печи поправлена, послѣднюю тотчасъ же нагрѣваютъ для чего открываютъ доступъ газа и воздуха. Нагрѣваніе основной печи ничѣмъ не отличается отъ нагрѣванія кислой, развѣ только тѣмъ, что

\*) Вслѣдствіе содержащагося въ нихъ шлака и песку.

основную печь нагрѣваютъ до болѣе высокой температуры. Цвѣтъ газа тоже въ началѣ бываетъ красно-бурый, переходя постепенно въ красный, свѣтло-красный и наконецъ бѣлый. Перекидываютъ клапана приблизительно черезъ  $\frac{1}{4}$  часа, если набойку поправляли не долго. Вотъ примѣръ нагрѣванія печи, въ которой набойка не была сильно повреждена послѣ плавки (была одна небольшая яма на поду):

заперть газъ для ремонта откосовъ въ 11 ч. — м.	
вновь пущень послѣ ремонта . . . . . »	11 » 10 »
I-й разъ переведень . . . . . »	11 » 25 »
II-й » » . . . . . »	11 » 45 »
III-й » » . . . . . »	12 » 10 »

заваливать начали въ 12 ч.

Такъ какъ часто навѣска состоитъ изъ большаго количества желѣза, (до 50% и болѣе), которое имѣется въ видѣ мелкихъ кусковъ, то она занимаетъ много мѣста въ печи и потому сразу вся не помѣщается; ее заваливаютъ въ нѣсколько приемовъ (2—4-хъ), каждый разъ подогрѣвая печь, чтобы часть металла расплавилась и стекла въ нижнюю часть ванны.

Хотя обстоятельство это неудобно (замедляетъ ходъ завалки), но одно изъ преимуществъ основныхъ печей передъ кислыми состоитъ въ возможности заваливать именно этотъ мелкій, дешевый, но неопредѣленный по составу матеріалъ. Чугуны, которые идутъ въ завалку, на основныя печи, всегда имѣются опредѣленныхъ марокъ и номеровъ, а потому и составъ ихъ можетъ быть легко опредѣленъ при помощи химическаго анализа, но старое желѣзо, идущее въ завалку, встрѣчается въ самыхъ разнообразныхъ видахъ, какъ напр. желѣзные рельсы, листы, клепань, части котловъ, трубы, мелкія части разныхъ машинъ и станковъ, стружки, обрѣзки отъ разныхъ производствъ, бракованныя желѣзныя издѣлія, какъ то: винты, гвозди, проволока, части ружей и проч. Очевидно, что о химическомъ анализѣ здѣсь не можетъ быть и рѣчи, а потому приходится заваливать весь этотъ разнородный матеріалъ безъ разбору состава, но исключительно принимая во вниманіе цѣну его. Конечно для кислыхъ печей матеріалъ такой вовсе непригоденъ; онъ содержитъ много фосфора, а часто и сѣру.

Какъ сказано выше, прежде всего заваливаютъ мелко разбитый известнякъ, покрывая имъ подъ и откосы. Слой камня предохраняетъ набойку печи отъ поврежденій, могущихъ случиться при заваливаніи крупныхъ кусковъ желѣза. Вообще весь известнякъ слѣдуетъ заваливать не въ видѣ очень крупныхъ кусковъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ часть его теряется бесполезно, въ чемъ можно убѣдиться, разсматривая куски, выгребаемые изъ печи вмѣстѣ со шлакомъ; если разбить одинъ изъ такихъ кусковъ, достаточно крупныхъ, то верхній слой его чернаго цвѣта (онъ

пропитанъ шлакомъ), между тѣмъ какъ середина оказывается совершенно бѣлаго цвѣта, т. е. она представляетъ чистую окись кальція, не принимавшую участія въ реакціи. Въ мелкихъ кускахъ известняка, вынутыхъ изъ печи, при разбиваніи не оказывается такой неразложившейся части. Поэтому известнякъ слѣдуетъ разбивать въ куски величиною въ кулакъ.

На известнякъ заваливаютъ чугуны лопаткою, которую вдвигаютъ въ печь по ролику (см. отд. III, гл. V); когда весь подъ и откосы покрыты чугуномъ, въ печь заваливаютъ клепань (листы сложенные въ пакеты), желѣзо мелочь и часть известняка, а когда уровень заваленныхъ матеріаловъ приблизится къ высотѣ ролика, заваливаютъ тяжелые предметы, какъ то: изложницы, куски прокатныхъ валковъ, обломки чугунныхъ пушекъ, настывы изъ ковшей и проч. Поверхъ этого заваливаютъ мелкое желѣзо и известнякъ до тѣхъ поръ, пока печь не наполнится почти до самаго свода; тогда крышку печи опускаютъ (она совсѣмъ поднята во все время заваливанія мелочи) и подогрѣваютъ печь отъ  $1/4$ — $1/2$  часа. За это время часть заваленнаго матеріала расплавится и поверхность его въ печи значительно понизится (приблизительно до уровня ролика), послѣ чего снова начинаютъ заваливаніе и прекращаютъ его, когда печь наполнится (приблизительно до уровня ролика), послѣ чего снова начинаютъ заваливаніе и прекращаютъ его, когда печь наполнится, или сильно остынетъ, что случается на старыхъ печахъ, при холодномъ ихъ ходѣ. Если при вторичномъ наполненіи печи не вся навѣска помѣстилась въ ней, то опять прибѣгаютъ къ подогрѣванію и когда уровень матеріала въ печи понизится, оканчиваютъ завалку, опускаютъ крышку и нагрѣваютъ печь.

Если печь снабжена \*) двумя воздушными и двумя газовыми клапанами то въ ней можно получать болѣе сильно окисляющее пламя во время завалки. Для этой цѣли газъ пускаютъ въ верхнія окошки, а воздухъ въ расположенныя подъ ними—до окончанія глavenія завалки. Когда вся ванна покроется шлакомъ, то окислительное дѣйствіе пламени становится менѣе замѣтнымъ, тогда газъ пускаютъ въ нижнія, а воздухъ въ верхнія окошка. Завалку при такой плавкѣ слѣдуетъ вести иначе, а именно: сначала заваливаютъ мелочь, известнякъ и руду, а затѣмъ чугуны. Сначала плавится почти одинъ чугуны, при чемъ получаютъ шлаки бѣдые основаніями, а такъ какъ они очень жидки, то ихъ легко вывести изъ печи, понижая порогъ средняго заволочнаго окна и позволяя шлаку стекать въ подставленную телѣжку. Такъ какъ известнякъ лишь постепенно шлакуется только при расплавленіи мелочи, то можно получить богатый основаніями шлакъ, необходимый для выдѣленія фосфора при сравнительно небольшой прибавкѣ известняка. Когда первый шлакъ стечетъ, закры-

\*) Stahl und Eisen. 1898 г., стр. 218.

вають его выходъ на среднемъ окнѣ и прибавляютъ руды и окалины, чтобы усилить реакцію шлага.

Примѣръ перекидыванія клапановъ во время завалки:

Начали заваливать въ 12 часовъ.

I-й разъ	перевели газъ (или перекинули клапаны)	въ 12 ч. 10 м.
II-й »	»	» 12 » 45 »
III-й »	»	» 1 » 30 »
IV-й »	»	» 1 » 50 »

и одновременно съ послѣднимъ перекидываніемъ окончили завалку.

Во время заваливанія съ желѣзной лопаты по ролику, послѣдній скоро нагрѣвается и гнется. Его снимають, выпрямляютъ еще горячимъ и опускають въ бакъ съ водою, а на его мѣсто кладутъ другой, съ которымъ повторяется то же самое.

Когда печь завалена, сбивають съ порога окна куски старой мадеры и застывшій шлакъ, а получившійся такимъ образомъ промежутокъ закладываютъ свѣжимъ слоемъ мадеры второго сорта, т. е. смѣсью смолы съ необожженнымъ доломитомъ. Мадеру накладываютъ на порогъ лопатами и уколачивають, доводя слой ея до высоты старой мадеры изъ хромистаго желѣзняка, которая выкладывается въ углахъ порога при постройкѣ пода и остается безъ перемѣны до конца кампаніи печи.

При разогрѣваніи печи вновь положенная мадера постепенно загораетъ, т. е. изъ нея выгораетъ смола и она превращается въ твердую массу, не позволяющую впослѣдствіи шлаку вытекать изъ печи по мѣрѣ его образованія. Когда окно задѣлано, вынимають застывшій шлакъ изъ ямы передъ печью при помощи ломовъ, поливають его водою для болѣе быстрого остыванія (шлакъ только съ поверхности чернаго цвѣта, а нижняя часть настлы свѣтло-красная), разбивають на куски молотами, нагружаютъ въ тачки (покрытыя внутри жестию) и вывозятъ въ отвалъ.

Способъ этотъ насколько простъ, настолько же и неудобенъ, такъ какъ во время завалки и подъ конецъ плавки, когда шлакъ находится въ ямѣ передъ печью, рабочіе переносятъ жаръ отъ остывающаго шлага, и только въ эти два промежутка времени рабочіе заняты у печи, а остальное время (отъ конца завалки до начала сгребанія шлага) у печи нѣтъ никакой работы (кромѣ перекидыванія клапановъ) и въ это именно время нѣтъ шлага передъ печью. Гораздо удобнѣе сгребаніе шлага прямо въ телѣжку изъ листового желѣза и удаленіе его тотчасъ послѣ сгребанія.

Продолжительность заваливанія зависитъ отъ величины навѣски и отъ степени измельченности заваливаемыхъ матеріаловъ, напр.:

Величина навѣски при крупномъ и при мелкомъ матеріалѣ:

450 пуд.	2 часа	3 часа.
500 »	2 <sup>1</sup> / <sub>6</sub> »	3 <sup>1</sup> / <sub>3</sub> »
550 »	2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub> »	3 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> »
600 »	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> »	4 »

если считать и время нагрѣванія печи передъ завалкою, которое простирается отъ  $\frac{1}{2}$  ч.; до 1 ч., смотря по ходу печи. Чѣмъ старше печь, тѣмъ дольше ее приходится нагрѣвать до завалки и чаще подогрѣвать въ продолженіе ея, такъ что продолжительность заваливанія старой печи значительно, чѣмъ новой.

Завалка при помощи завалочной машины (см. от. II гл. V) вмѣсто 3-хъ часовъ продолжается 20 мин., что позволяетъ сдѣлать 4—5 плавокъ въ сутки на печи, на которой при ручномъ заваливаніи дѣлали только 3 плавки.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### Ходъ плавки.

Заваливаемый въ печь матеріалъ плавится по мѣрѣ его накопленія и подогрѣванія печи, какъ было сказано выше. Въ то-же самое время начинается окисленіе углерода, марганца, кремнія, фосфора, сѣры и желѣза. Почти всѣ окислы этихъ элементовъ соединяются между собою и образуютъ шлакъ, который растворяетъ часть известняка, успѣваго уже обжегся съ поверхности. Такимъ образомъ процессъ полученія и рафинированія стали начинается еще во время завалки, а не послѣ окончанія ея, какъ на кислой печи.

Такъ какъ заваливаемые въ основную печь матеріалы содержатъ меньше углерода и кремнія, чѣмъ заваливаемые въ кислую печь, а такъ-же, что процессъ полученія стали начинается раньше (во время заваливанія и плавленія), то ходъ плавки на основныхъ печахъ не такъ продолжителенъ, какъ на кислыхъ. Особенно непродолжительно кипѣніе ванны; въ среднемъ оно продолжается  $\frac{1}{2}$  до 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ч. и только въ исключительныхъ случаяхъ доходитъ до 2—2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ч., чего, однако-же, стараются избѣгать, такъ какъ продолжительное кипѣніе сильно повреждаетъ набойку печи.

Раздробленность матеріаловъ и продолжительное заваливаніе влечетъ за собою большой угаръ металла. Газы проходятъ черезъ массу заваленаго матеріала и, дѣйствуя на большую поверхность, сильно окисляютъ не только примѣси желѣза. (углеродъ, марганецъ, кремній, сѣру и фосфоръ), но и самое желѣзо. Образующійся при этомъ шлакъ способствуетъ

расплавленію известняка (окись желѣза съ окисью кальція образуютъ при высокой температурѣ плавкое соединеніе по Веддингу), что увеличиваетъ его основность, такъ что кислоты (кремневая и фосфорная) насыщаются тотчасъ-же послѣ своего образованія. Это окислительное дѣйствіе печныхъ газовъ является лучшимъ подспорьемъ дефосфоризации.

За все время хода плавки слѣдуетъ обращать особенное вниманіе на нагрѣвъ печи и своевременнымъ перекидываніемъ клапановъ предотвращать плавленіе кирпичей (сгораніе печи). Чѣмъ ближе къ концу плавки, тѣмъ больше слѣдуетъ за равномерностью температуры, стараясь въ особенности не понижать ее, но и повышеніе температуры подъ конецъ плавки не желательно, такъ какъ при этомъ сталь поглощаетъ много газовъ.

Вотъ прижѣръ перекидыванія клапановъ во время одной плавки:

I	разъ	перевели газъ (подъ конецъ завалки)	въ	6 ч.	40 м.
II	»	»	»	во время плавки	» 7 » 10 »
III	»	»	»	»	» 7 » 50 »
IV	»	»	»	»	» 8 » 25 »
V	»	»	»	»	» 9 » — »
VI	»	»	»	»	» 9 » 30 »
VII	»	»	»	подъ конецъ плавки	» 9 » 50 »
VIII	»	»	»	»	» 10 » 15 »
IX	»	»	»	»	» 10 » 35 »
X	»	»	»	во время выпуска	» 10 » 50 »

По мѣрѣ нагрѣванія печи, заваленные матеріалы плавятся и опускаются ниже; скорѣе всего плавится металлъ въ той части печи, отъ которой направляется токъ газовъ, а долѣе всего—у окна. Такъ что часто у задней стѣнки ванна уже кипитъ, а у порога имѣется еще нерасплавленный матеріалъ. Это обстоятельство, впрочемъ, указываетъ на неправильность заваливанія, а именно, что во время завалки матеріалы заброшены слишкомъ близко къ порогу, что влечетъ за собою быстрое сгораніе свода и задней стѣнки, такъ какъ газамъ остается свободный проходъ въ задней части печи, и большая часть ихъ устремляется туда, производя прогараніе свода. Въ виду этого не слѣдуетъ допускать заваливанія большей части навѣски у окна.

Когда металлъ расплавится, то на поверхности его собирается шлакъ, реагирующій съ известнякомъ, изъ котораго выдѣляются остатки углекислоты, а такъ какъ въ это время шлакъ еще не достаточно жидокъ (температура печи еще сравнительно невысока), то выдѣляющаяся углекислота производитъ вспучиваніе шлака, которое называютъ пѣною. Чѣмъ холоднѣе ходъ печи, тѣмъ сильнѣе образованіе пѣны и тѣмъ долѣе оно продолжается, что вполне согласуется съ происхожденіемъ пѣны отъ выдѣленія углекислоты известнякомъ. Такъ какъ при холодномъ ходѣ печи

известнякъ, по своей дурной теплопроводности, обжигается только отчасти (съ поверхности), то въ немъ остается много углекислоты, которая долго послѣ расплавленія металла выдѣляется и обуславливаетъ продолжительное образованіе пѣны.

Когда ванна пѣнится, то шлакъ поднимается высоко въ печи и часть его стекаетъ черезъ порогъ, поверхъ задѣлки изъ мадеры, но по мѣрѣ закипанія шлакъ опускается и наконецъ ванна начинаетъ кипѣть «чисто», т. е. безъ вспучиванія и образованія пѣны. Кипѣніе начинается въ той сторонѣ печи, отъ которой направляются газы, затѣмъ ванна закипаетъ у задней стѣнки и наконецъ по всей поверхности ея появляются красные пузыри средней величины—это «чистое» кипѣніе.

Какъ только пѣна исчезнетъ и кипѣніе начнется въ одной части печи (*подъ газомъ*), приступаютъ къ удаленію шлака. Съ этою цѣлью предварительно обсыпаютъ края ямы мелкимъ шлакомъ, для увеличенія емкости ея; кладутъ надъ ямой два желѣзныхъ стержня, покрываютъ ихъ широкимъ желѣзнымъ листомъ такъ, чтобы онъ закрывалъ всю яму, за исключеніемъ небольшого промежутка у самого порога; роликъ помѣщаютъ выше листа и тогда только приступаютъ къ сгребанію шлака. Осторожно сбиваютъ мадеру съ порога, начиная съ верхней части ея, до тѣхъ поръ, пока шлакъ начнетъ вытекать въ образовавшуюся выемку. Сбивать мадеру нужно крайне осторожно, небольшими кусками, чтобы не выпустить части стали, которая потечетъ вмѣстѣ со шлакомъ, если только мадера была сбита ниже ея уровня. Шлакъ вытекаетъ изъ печи медленно и притомъ только до тѣхъ поръ, пока уровень его выше выемки въ мадерѣ; для ускоренія—сгребаютъ шлакъ плоскою кочергою, которую вводятъ въ печь по ролику. Согнутый конецъ кочерги выгнуть къ низу, чтобы другой конецъ, который держать руками, не приходился слишкомъ высоко. Загнутымъ концомъ сгребаютъ шлакъ, стараясь не касаться поверхности стали. Если случайно опустятъ кочергу слишкомъ глубоко, то вмѣстѣ со шлакомъ потечетъ изъ печи и сталь; ее легко замѣтитъ по искрамъ, выдѣляющимся изъ нея, какъ только часть поверхности стали обнаружится изъ-подъ покрывающаго ее шлака. Если сталь попала вмѣстѣ со шлакомъ въ яму, то присутствіе ея замѣтно по вспучиванію шлака и выдѣленію въ этомъ мѣстѣ пламени. Объясняется это остываніемъ стали въ ямѣ, причемъ изъ нея выдѣляется газъ (составъ котораго по вышеуказанному 90% *CO*, 2,5% *H*, 6% *N* и 1,5% *O*), который производитъ вспучиваніе шлака и загорается, какъ только приходитъ въ соприкосновеніе съ кислородомъ воздуха. При вспучиваніи шлакъ постоянно поднимается выше, такъ какъ каждое кольцо вытекшаго изъ середины шлака тотчасъ же стынетъ на воздухѣ, надъ нимъ собирается и застываетъ новое кольцо и



такъ далѣе, а по серединѣ застывающихъ колець постоянно горить газъ. Все явленіе, вмѣстѣ взятое, очень напоминаетъ изверженіе вулкана.

Когда шлака остается такъ мало въ печи, что вмѣстѣ съ нимъ начнетъ стекать и сталь, то прекращаютъ сгребаніе его, тотчасъ же заливаютъ поверхность шлака водою (чтобы рабочимъ было легче работать), помѣшиваютъ ванну кочергою и наливаютъ первую пробу. Прокованная, закаленная и согнутая проба указываетъ на положеніе плавки.

Первая проба можетъ имѣть одинъ изъ слѣдующихъ пяти видовъ:

во I-хъ, она можетъ согнуться вчетверо безъ трещины.

» II-хъ » » » вдвое съ трещиною.

» III-хъ сломаться при изгибѣ безъ сыни.

» IV-хъ » » » съ сыпью.

» V-хъ » безъ изгиба съ мелкою сыпью.

Такъ какъ каждый изъ вышеприведенныхъ пяти случаевъ обуславливаетъ собою извѣстное положеніе плавки, отъ котораго зависитъ и дальнѣйшее веденіе ея, то разберемъ каждый изъ нихъ отдѣльно.

I-й и II-й случаи имѣютъ мѣсто на старыхъ печахъ, при холодномъ ходѣ ихъ (или при неправильно составленной шихтѣ), когда заваленные матеріалы плавятся очень долго, а потому и долго подвергаются сильному окислительному дѣйствію газовъ, что обуславливаетъ выгораніе примѣсей желѣза они характеризуются непродолжительнымъ кипѣніемъ мелкимъ, бѣлымъ пузыремъ.

I-й случай.

Если проба согнется вчетверо безъ трещины, то кипѣніе ванны продолжается 10—15 мин. и затѣмъ прекращается. Это указываетъ или на шихту, несоответствующую ходу печи (чѣмъ холоднѣе идетъ печь, тѣмъ больше углерода, кремнія и марганца должно быть въ навѣскѣ), или на неправильную завалку (въ ненагрѣтую печь), или же на недостатокъ газа въ печи, который можетъ зависѣть отъ того, что печь стара, или отъ небрежнаго ухода за генераторами. Какъ бы то ни было, но такую плавку приходится подогревать чугуномъ, котораго прибавляютъ отъ 4 до 8% вмѣстѣ съ  $\frac{1}{2}$  — 1% зеркальнаго. Часто приходится прибавлять чугуна нѣсколько разъ подъ рядъ, такъ что въ общей сложности количество прибавляемаго чугуна доходитъ иногда до 20%, а зеркальнаго—до 5% и болѣе. Такая плавка продолжается очень долго, разѣдаетъ сильно набойку печи, требуетъ много угля и даетъ громадный угарь (до 20%), такъ что ее стараются по возможности избѣгать. Простѣйшее средство для достиженія этого—увеличеніе процентнаго содержанія чугуна въ навѣскѣ, а вмѣстѣ съ нимъ и количества углерода и марганца въ шихтѣ; кромѣ того, слѣдуетъ установить болѣе тщательный уходъ за такой старою печью и ея генераторомъ.

## II-й случай.

Если проба согнется съ небольшою трещиною и сталь при этомъ довольно горячая, т. е. она кипѣла не меньше  $\frac{1}{2}$ —1 часа, то достаточно прибавить 1—1 $\frac{1}{2}$ % зеркальнаго чугуна, а когда онъ закипитъ, перемѣшать ванну кочергою, взять пробу, которая обыкновенно бываетъ достаточно мягкою. Если же проба послѣ зеркальнаго окажется твердою, то слѣдуетъ тотчасъ же взять новую пробу, такъ какъ въ этомъ случаѣ ванна скоро перестаетъ кипѣть. Если же сталь окажется холодною, то приходится прибѣгать къ подогреванію ея чугуномъ, или болѣе значительнымъ количествомъ зеркальнаго. Для этой цѣли подогреваютъ на боковыхъ окнахъ (или въ подогревательной печи) нѣсколько процентовъ чугуна и зеркальнаго, вводятъ его въ ванну, даютъ закипѣть, мѣшаютъ и берутъ пробы до тѣхъ поръ, пока послѣдняя будетъ достаточно мягкою: но если послѣ этого сталь окажется еще холодною, то приходится или прибавить 1—1 $\frac{1}{2}$ % зеркальнаго, отъ котораго сталь быстро подогревается, или вторично прибавить чугунъ въ томъ же количествѣ, которое было примѣнено въ I-й разъ и уже послѣ вторичной прибавки дожидаться подходящей пробы. Прибавленіе 5% чугуна увеличиваетъ продолжительность плавки на 1 часъ и вызываетъ получасовое кипѣніе. Избѣжать этого случая можно, увеличивая процентное содержаніе чугуна въ навѣскѣ.

## III-й случай.

Если проба ломается и не содержитъ сыпи въ изломѣ, то это указываетъ, что процессъ обезуглероживанія уже приближается къ концу, т. е. до конца плавки остается около  $\frac{3}{4}$  часа. Въ этомъ случаѣ ванна кипитъ крупнымъ бѣлымъ пузырьемъ, которымъ смѣняется красный пузырь. появившійся при началѣ кипѣнія. Крупный бѣлый пузырь держится въ ваннѣ  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  часа; съ нимъ связано быстрое повышеніе температуры стали. Въ свою очередь онъ смѣняется мелкимъ бѣлымъ пузырьемъ, который держится до конца плавки, при чемъ періода перекипанія здѣсь нѣтъ (какъ на кислой печи). Если готовую плавку приходится по какой либо причинѣ задержать въ печи, то ванна перестаетъ кипѣть («останавливается»), что происходитъ слѣдующимъ образомъ: съ поверхности ванны исчезаютъ одинъ за другимъ пузыри и наконецъ почти вся ванна представляетъ гладкую, спокойную поверхность, на которой лишь изрѣдка появляются отдѣльные пузырьки. Въ такихъ случаяхъ необходимо тотчасъ же прибавить въ ванну чугуна, или зеркальнаго, чтобы снова возбудить кипѣніе ванны, такъ какъ безъ этого сталь въ печи вскорѣ начинаетъ стынуть.

Послѣ первой пробы бросаютъ въ печь нѣсколько лопатъ окалины, ускоряющей плавленіе известняка, котораго обыкновенно много плаваецъ на поверхности ванны. Спустя нѣкоторое время послѣ первой пробы, бе-

руть вторую, потомъ третью и т. д., пока наконецъ, сталь въ печи достигнетъ желаемой степени мягкости.

Продолжительность кипѣнія въ этомъ случаѣ — 40 мин. до 1 часа. Этотъ случай слѣдуетъ считать нормальнымъ и стремиться подогнать къ нему всѣ плавки, хотя это далеко не всегда выполнимо.

#### IV-й случай.

Если проба при сгибаніи ломается и въ изломѣ содержитъ одну сыпь, то это доказываетъ, что углерода въ ваннѣ еще много (около 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), такъ что плавка можетъ прокипеть еще 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—2 ч. Во избѣжаніе этого въ ванну бросаютъ нѣсколько (5—8) лопатокъ руды (около 3—4 пудовъ) и, когда она перекипитъ, берутъ новую пробу. Въ большинствѣ случаевъ послѣдняя проба гнется съ трещиною, но безъ сыпи; послѣ такой пробы руды не прибавляютъ, чтобы не охладить понапрасну стали, а дать ей прокипеть до конца, при чемъ сталь согрѣвается до надлежащей температуры. Послѣ прибавленія руды, температура стали сильно понижается, но она скоро снова повышается во время кипѣнія. Черезъ 10—15 м. послѣ вышеуказанной пробы, берутъ новую и продолжаютъ брать до тѣхъ поръ, пока сталь получится желаемой мягкости.

Если же послѣ прибавленія руды проба въ изломѣ содержитъ еще много сыпи, то продолжаютъ вводить руду до тѣхъ поръ, пока въ послѣднихъ пробахъ не исчезнетъ сыпь въ изломѣ. При негорячей плавкѣ (см. ниже, гл. VII) руды не прибавляютъ вовсе, хотя бы проба была довольно твердою. Когда перестанутъ прибавлять руду, бросаютъ въ печь нѣсколько разъ окалину, для разжиженія шлака.

Кипѣніе въ этомъ случаѣ переходитъ всѣ фазисы: мелкій, красный пузырь, крупный красный, бѣлый, крупный бѣлый и, наконецъ, мелкій бѣлый пузырь, при которомъ выпускаютъ плавку.

Для старыхъ печей такая плавка самая подходящая, но для новыхъ она слишкомъ долго кипитъ; лучше уменьшить процентное содержаніе чугуна въ навѣскѣ, или вводить въ нее вмѣстѣ съ чугуномъ 10—15<sup>0</sup>/<sub>0</sub> руды.

#### V-й случай.

Проба при сгибаніи ломается на нѣсколько кусковъ. Это доказываетъ, что шихта составлена неудачно относительно того сорта мелкаго желѣза, который примѣняется для заваливанія въ данное время (см. ниже, гл. XIX), а потому въ слѣдующія навѣски необходимо уменьшить количество чугуна, или увеличить количество руды въ навѣскѣ, чтобы этимъ путемъ уменьшить процентное содержаніе углерода, марганца и кремнія. Это уменьшеніе повлечетъ за собою сокращеніе періода кипѣнія, а слѣдовательно уменьшится и разѣданіе набойки.

Послѣ вышеуказанной пробы приходится многократно прибавлять руду

небольшими порціями (по 3—5 пудовъ), каждый разъ позволяя рудѣ прокипеть до конца. Послѣ прибавленія руды, ванна вначалѣ пѣнится, а потомъ кипитъ чисто. Необходимо дожидаться чистаго кипѣнія, прежде, чѣмъ прибавлять новое количество руды, чтобы не охладить слишкомъ стали, такъ какъ при чистомъ кипѣніи температура повышается, какъ сказано выше. Послѣ прибавленія 15—20 пуд. руды, берутъ пробу и, смотря по ея твердости, ведутъ дальше плавку. Окалины въ такія плавки прибавляютъ немного, потому что въ нихъ шлакъ достаточно жидкій, а известнякъ успѣетъ оплаковаться при столь продолжительномъ кипѣніи.

Если плавка кипитъ 2—3 часа, то часто на поверхности ванны всплываютъ куски набойки, что сильно охлаждаетъ ванну, такъ какъ въ поврежденныхъ мѣстахъ сталь приходитъ въ соприкосновеніе съ менѣе нагрѣтыми частями пода. Куски набойки вынимаютъ изъ печи кочергами и стараются по возможности скорѣе выпустить плавку, чтобы сталь не проникла внизъ печи.

Послѣ выпуска такой плавки, набойка печи оказывается сильно поврежденной. Ее необходимо тщательно исправить, наваривая доломить на поврежденные мѣста, чтобы она выдержала слѣдующую подобную же плавку, такъ какъ случается, что помимо уменьшенія чугуна и слѣдующія плавки кипятъ также довольно долго.

Кипѣніе въ этомъ случаѣ продолжается отъ 2—3 и болѣе часовъ и переходитъ, подобно IV случаю, въ свои фазисы. Оно указываетъ на настоятельную необходимость уменьшенія количества чугуна въ навѣскѣ, или завалку руды вмѣстѣ съ желѣзомъ и известнякомъ.

Правильнѣе всего вести плавку вышеописаннымъ способомъ, т. е. тотчасъ же послѣ сгребанія шлака взять пробу и по ней опредѣлить положеніе плавки. Хотя до извѣстной степени можно руководствоваться и характеромъ кипѣнія, но все-таки его слѣдуетъ провѣрить кованною пробой, потому что оно не такъ характерно, какъ на кислой печи. Особенно затемняетъ кипѣніе присутствіе большаго количества фосфора, при которомъ сталь кипитъ совсѣмъ иначе: нѣтъ смѣняющихся по величинѣ и формѣ пузырей, а всѣ они сливаются въ одинъ видъ средней величины пузыря бѣловатаго цвѣта, который держится до конца плавки.

Во всѣхъ вышеуказанныхъ случаяхъ, подъ конецъ плавки, когда проба гнется съ небольшою трещиною, прибавляютъ 1—2% известняка для болѣе полнаго выдѣленія фосфора. Это обстоятельство не слѣдуетъ упускать изъ виду, потому что такое прибавленіе уменьшаетъ на половину, или больше содержаніе фосфора въ стали. Такъ, напримѣръ, безъ прибавленія известняка подъ конецъ плавки сталь получается съ содержаніемъ фосфора въ 0,06—0,07%, а при той же шихтѣ, но съ прибавленіемъ 2% известняка при концѣ плавки сталь содержитъ 0,02—0,03%. Другими сло-

вами, подъ конецъ плавки остатки фосфора выдѣляются совершенно въ вновь прибавленнымъ известнякомъ.

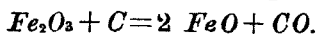
Для болѣе успѣшнаго дѣйствія известняка лучше его забрасывать съ  $\frac{1}{4}\%$  до  $\frac{1}{2}\%$  зеркальнаго чугуна.

Химическій процессъ на основной печи сильно отличается отъ тома-совскаго процесса тѣмъ, что въ послѣднемъ фосфоръ выдѣляется при концѣ плавки, между тѣмъ какъ здѣсь почти весь фосфоръ выдѣляется во время плавления навѣски, что особенно ясно замѣтно при холодныхъ плавкахъ.

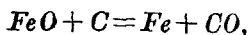
При горячемъ ходѣ печи, во время кипѣнія, прежде всего, выдѣляются остатки кремнія, котораго, впрочемъ, остается послѣ расплавления только десятая части процента, затѣмъ марганецъ и углеродъ; когда послѣдняго осталось очень мало, то прибавленіемъ известняка можно выдѣлить остатки фосфора, главная масса котораго выдѣлилась во время плавления и образованія шлака. Послѣ расплавления шлакъ насыщенъ кислотами: кремневой и фосфорной и дальнѣйшее его пребываніе въ печи не только излишне, но даже и вредно, такъ какъ во время кипѣнія часть фосфора изъ шлака можетъ возстановиться углеродомъ и перенести обратно въ сталь. Въ продолженіе кипѣнія плавится остальной известнякъ и увеличиваетъ основность оставшагося въ печи шлака, который во время кипѣнія извлекаетъ изъ стали остатки кремнія и часть фосфора, такъ что подъ конецъ плавки онъ уже насыщенъ до извѣстной степени кислотами, а потому новое прибавленіе известняка способствуетъ болѣе энергичному дѣйствію шлака и выдѣленію большей части оставшагося въ стали фосфора. Слѣдовательно, прибавленіе известняка подъ конецъ плавки полезно.

Прибавляемая при кипѣнии руда реагируетъ такъ же точно, какъ и на кислыхъ печахъ, окисляя кремній, марганецъ, углеродъ, а также и фосфоръ, при чемъ получаютъ закиси марганца и желѣза, окись углерода, кремневая и фосфорная кислоты.

Углеродъ дѣйствуетъ на окись желѣза по реакціи:



Нѣкоторые авторы полагаютъ, что реакція эта идетъ и дальше, а именно:



т. е., что получается металлическое желѣзо, которое переходитъ въ сталь и увеличиваетъ такимъ образомъ выходъ плавки. Возстановленію этому способствуетъ то обстоятельство, что закись желѣза не такъ быстро поглощается основнымъ шлакомъ, какъ кислымъ.

Провѣрить переходъ металлическаго желѣза въ сталь при незначительномъ прибавленіи руды непосредственнымъ взвѣшиваніемъ и вычисленіемъ нельзя, потому что угаръ здѣсь колеблется отъ 5 до 12%, что зависитъ отъ разнородности заваливаемыхъ матеріаловъ, а количество

прибавляемой руды колеблется между 2—5%, такъ что если бы даже половина желѣза руды переходила въ сталь, то это составило бы 1—2%, которые совершенно исчезаютъ въ колебаніяхъ угара. Въ Англии заваливаютъ вмѣстѣ съ чугуномъ 25—30% руды и находятъ, что около половины желѣза руды восстанавливается въ металлическій видъ и переходитъ въ сталь.

## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

### Окончаніе плавки по пробѣ.

Основная сталь сильно вспучивается при выливаніи ея изъ ложки въ стаканчикъ для пробы, поэтому нужно наливать ее очень тихо, особенно подъ конецъ, чтобы получить пробу съ относительно равной поверхностью. Если налить быстро пробу, то середина ея сядетъ, а края застынутъ высоко. При проковкѣ такой пробы края скорѣе стынутъ, чѣмъ болѣе толстая средняя часть, и разрываются отъ ударовъ молотка.

Хорошо налитую пробу необходимо ковать, пока она еще свѣтлокраснаго цвѣта, потому что остывшая проба при проковкѣ наклепывается, разрывается въ краяхъ и не даетъ точнаго понятія о содержаніи углерода въ стали по изгибу, такъ какъ ломается раньше, чѣмъ проба прокованная въ горячемъ состояніи.

Всѣ эти предосторожности необходимо соблюдать въ виду избѣжанія разрыванія краевъ, такъ какъ это обстоятельство служитъ указаніемъ на непригодность стали къ разливанію (см. ниже), если только проба была налита и откована по вышеуказанному.

Если проба по изгибу (вдвое, или вчетверо съ трещиною, или вчетверо безъ трещины) отвѣчаетъ назначенію, то зачерпываютъ изъ ванны немного стали ложкою и выливаютъ ее на ровное мѣсто. Если сталь достаточно горяча, то она вся вытекаетъ изъ ложки. Холодная сталь (непригодная для разливанія) не вся вытекаетъ, а часть ея застываетъ на ложкѣ, такъ что ее приходится удалить ударами ложки по твердому предмету. Такая сталь густа на видъ и на поверхности ея въ ложкѣ замѣтны красныя полосы, напоминающія сѣтку.

Кромѣ наружнаго вида стали, необходимо обратить вниманіе на ея вытеканіе изъ ложки. Если сталь течетъ ровною струею и поверхность ея въ ложкѣ остается гладкою во все время вытеканія, то такая сталь вполне пригодна для выпуска; она будетъ хорошо разливаться и остывать въ изложницахъ. Но если при вытеканіи изъ ложки поверхность стали вспучивается, что обыкновенно бываетъ подъ конецъ вытеканія,

то такая сталь выростетъ въ изложницахъ и, съ трудомъ проходя въ глухія изложницы, наполнить ихъ только до половины. Налитая и прокованная проба такой стали непременно порвется въ краяхъ.

Вспучиваніе стали слѣдуетъ приписать насыщенію ея газами въ большемъ, противъ обыкновеннаго, количествѣ. При остываніи стали въ изложницахъ, газы эти выдѣляются и поднимаютъ застывшую корку—явленіе это принято называть *ростомъ* стали. Эти же газы обуславливаютъ и вспучиваніе стали въ ложкѣ подъ конецъ вытекания, т. е. когда сталь уже начинаетъ стынуть. Ниже приведенъ способъ устраненія этого недостатка металла.

Какъ температура, такъ и поглощеніе газовъ сталью находятся въ прямой зависимости отъ продолжительности кипѣнія ванны. Такъ какъ во время кипѣнія ванны развивается высшая температура (отъ выдѣленія теплоты, которымъ сопровождается окисленіе кремнія, фосфора, марганца и углерода), то, чѣмъ дольше кипѣла ванна, тѣмъ сталь горячѣе. Но слишкомъ продолжительное кипѣніе имѣетъ свои неудобства, о которыхъ было сказано выше (разѣданіе набойки), поэтому слѣдуетъ такъ составлять шихту, чтобы кипѣніе было не слишкомъ продолжительно, но и не очень ограничено. Можно принять, что въ среднемъ самое подходящее время кипѣнія равно одному часу, хотя, понятно, оно можетъ колебаться въ нѣкоторыхъ предѣлахъ, смотря по ходу печи.

Если ванна кипитъ мало, то это доказываетъ, что процессъ окисленія шель, главнымъ образомъ, во время плавленія, такъ что послѣ расплавленія ванна уже бѣдна углеродомъ и другими примѣсями, отчего сталь густѣетъ и газы (главнымъ образомъ окись углерода) выдѣляются изъ нея съ трудомъ, такъ что такая сталь богата растворенными въ ней газами, что замѣтно при вытеканіи ея изъ ложки. При продолжительномъ кипѣніи ванны, сталь все время остается горячею и жидкою и газы выдѣляются изъ нея свободно, такъ что подъ конецъ плавки сталь не богата газами и, при разливаніи по изложницамъ, она стынетъ ровно, не ростетъ и не садится.

Для выдѣленія избытка газовъ подъ конецъ плавки кладутъ въ ванну зеркальный чугуны, отъ котораго сталь закипаетъ сильнѣе, температура ея повышается, она становится жиже и выдѣленіе газовъ изъ стали значительно усиливается, чему также способствуетъ болѣе жидкій шлакъ. Разжиженіе шлака зависитъ отъ перехода значительной части марганца изъ зеркальнаго въ шлакъ въ видѣ закиси марганца. Такимъ образомъ прибавленіе зеркальнаго подъ конецъ плавки способствуетъ хорошему застыванію стали въ изложницахъ, т. е. исключаетъ ростъ ея. Въ виду этого на нѣкоторыхъ заводахъ каждую плавку кончаютъ только послѣ предварительнаго прибавленія зеркальнаго, хотя на другихъ прибавляютъ

только въ случаѣ необходимости, стараясь его замѣнить соответственной литьей.

Когда по ковальной пробѣ сталь готова, а по вытеканию изъ ложки спокойна, то устанавливають запоры въ ковшѣ, раздѣлываютъ отверстіе (см. ниже, глава XI), прибавляютъ въ печь ферромарганецъ, перемишнвають ванну и выпускають сталь изъ печи.

О температурѣ стали можно также судить по виду кочерги, которою перемишнвавали ванну. При горячей стали кочерга оплавляется ровно, какъ будто отрѣзана та часть ея, которая была погружена въ сталь; при холодной—къ концу кочерги приваривается сталь, отчего онъ становится толще. Кромѣ того шлакъ отъ такой кочерги не отскакиваетъ самъ собою, что имѣетъ мѣсто при помѣшваніи горячей стали.

Если пришлось прибавлять зеркальный, то слѣдуетъ проковать еще одну, или нѣсколько пробѣ, смотря по твердости стали, но необходимо дать время закипѣть зеркальному и перемишнать хорошенько ванну.

Такимъ образомъ кончаютъ плавку, если готовятъ мягкую сталь, съ содержаніемъ углерода до 0,2% и марганца до 0,5% такъ называемую «кипящую» сталь, потому что въ изложницахъ она нѣкоторое время кипитъ, прежде чѣмъ застынетъ. Если же случается готовить твердую сталь, съ содержаніемъ углерода выше 0,2%, а марганца около 0,8%, такъ называемую *спокойную* сталь (она быстро стынетъ въ изложницахъ), то оканчивать плавку приходится совершенно иначе, о чемъ будетъ сказано ниже (см. гл. IX).

## ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

### Различіе между твердою и мягкою основною сталью.

Мягкою называютъ такую сталь, которая содержитъ отъ 0,05 до 0,2% углерода и отъ 0,25—0,5% марганца. Послѣ наливанія въ изложницахъ она кипитъ нѣкоторое время, поднимается (ростетъ) или садится немного и затѣмъ застываетъ у стѣнокъ изложницъ, между тѣмъ какъ середина болванки долго (около 5 минутъ) остается жидкою и всегда поднимается. Послѣ застыванія краевъ на поверхность болванокъ накладываютъ тонкіе листки (обрѣзки), заготовленные заранее, и поверхъ послѣднихъ кладутъ чугунныя крышки, отчего сталь съ поверхности застываетъ и перестаетъ подниматься. Листки не позволяютъ стали привариваться къ чугунной крышкѣ.

Сталь эта, по содержанію углерода и марганца, раздѣляется на три номера, которые обозначимъ слѣдующими знаками: *M*, *2M* и *3M*.



*M*—это, такъ называемая, «корабельная сталь»; она богаче углеродомъ, чѣмъ два другіе номера, и потому выдерживаетъ большій разрывающій грузъ. Составъ ея: *C*—0,12—0,18%; *Mn*—0,2—0,5%; *P*—0,02—0,07%; *Si*—0,01—0,05%; *S*—0,01—0,05%. Техническія условія, которымъ она должна удовлетворять: разрывающій грузъ 26 тоннъ на квадратн. дюймъ—42 килогр. на квадрат. мм. при удлинении до 25%. Этотъ сортъ стали идетъ на корабельные листы, отчего и получилъ свое названіе, а также нѣкоторые сорта фасонной стали (см. ниже 2*M*), смотря по требованію заказа.

2*M*—обыкновенная, мягкая, листовая сталь. Составъ ея: *C*—0,05—0,12% *Mn*; 0,15—0,3% *P*; 0,02—0,05% *Si*; 0,01—0,05% *S*; 0,01—0,03%. Разрывающій грузъ отъ 35—40 кил. на квадрат. мм. при удлинении отъ 25% до 30%.

Сталь эта имѣетъ очень распространенное примѣненіе: она идетъ на всѣ сорта листовъ, на желѣзнодорожныя подкладки и накладки для рельсовъ и на различныя сорта фасонной стали, какъ-то: швеллера для желѣзнодорожныхъ вагоновъ, балки, тавры и угольники — для мостовъ и различныхъ построекъ, тавробимсы, углобимсы и зеты, примѣняемые при кораблестроеніи; всѣ вышеуказанные профили стали трудно выполнимы въ прокатныхъ валкахъ и требуютъ очень хорошей, мягкой стали.

3*M*—это такъ называемая сваривающаяся сталь, или котельная; она идетъ на котельные листы и обладаетъ составомъ: *C*—0,04—0,06%; *Mn*—0,00—0,1%; *P*—0,01—0,03%; *Si*—слѣды; *S*—0,005—0,015%. Техническія условія, которымъ должна удовлетворять собственно котельная сталь измѣняются; такъ, до 1891 г. они были: разрывающій грузъ 35 килогр. при удлинении до 30%, а въ 1891 г. введены новыя: разрывающій грузъ 41—46 килогр. при 20% удлинении. Остальныя издѣлія, какъ напр., заклепки и проч. должны давать возможно большее удлиненіе (35—36%). А въ настоящее время желѣзныя дороги вовсе не требуютъ стали столь высокаго качества; она примѣняется для проволоки, гвоздей, тонкихъ листовъ и проч.

Откованныя и закаленные пробы такой стали гнутся вчетверо безъ малѣйшей трещины (особенно не должно быть трещины внутри) и свариваются такъ, что ломаются въ другомъ мѣстѣ послѣ перегибовъ, а не въ томъ, въ которомъ были сварены.

Мягкая сталь, по способу ея полученія, содержитъ много пузырей и пустотъ, разсѣянныхъ по всей ея массѣ, а въ особенности въ верхней части болванки. Однако, эти пустоты не оказываютъ вреднаго вліянія на прокатку стали, потому что она для этой цѣли нагрѣвается до-бѣла, такъ что при сжатіи болванки въ валкахъ пустоты эти пропадаютъ, вытягиваясь первоначально въ продольныя волосовины, которыя при даль-

нѣйшей прокаткѣ свариваются своими краями и образуютъ сплошную полосу \*).

Это преимущество мягкой стали зависитъ главнымъ образомъ отъ ея способности свариваться очень совершенно.

Кислая сталь и твердая основная не обладаютъ этимъ свойствомъ, такъ что пустоты въ послѣднихъ сортахъ стали даютъ рванины, трещины и раковины на прокатныхъ полосахъ.

Твердая, или спокойная основная сталь (т. е. не кипящая въ изложницахъ), совершенно сходна по наружному виду и физическимъ свойствамъ (по способности кататься и коваться) съ такою же кислотою сталью.

Она также точно раздѣляется на пять номеровъ:

№ 1	}	оси, валы, балки и проч.
» 1 <sup>1/2</sup>		
» 2	}	рельсы, бандажи, рессоры и спеціальные сорта.
» 2 <sup>1/2</sup>		
» 3		
» 3 <sup>1/2</sup>		
» 4		
» 4 <sup>1/2</sup>	}	рессоры, рѣзакъ, снаряды и спеціальные сорта.
» 5		

Чаще всего готовятъ изъ основной стали оси и балки, какъ требующія лучшихъ матеріаловъ, готовятъ также бандажи и рессоры, а главнымъ образомъ спеціальную сталь, напр., для оружейныхъ заводовъ, для снарядовъ и проч.; рельсы готовятъ только въ исключительныхъ случаяхъ, напр., по недостатку кислой стали. Твердые рессоры (4<sup>1/2</sup> и 5) и фасонныя отливки трудно готовить изъ основной стали.

По химическому составу сталь эта отличается отъ кислой, а именно: она бѣднѣе *P*, *Si* и *S*, такъ что при одномъ и томъ же содержаніи углерода и марганца, какъ въ кислой стали, она выдерживаетъ большій разрывающій грузъ и даетъ большее удлиненіе, чѣмъ кислая.

По этой же причинѣ (химической составъ) кованныя пробы твердой основной стали гнутся больше, чѣмъ отвѣчающія имъ, по содержанію углерода и марганца, пробы кислой стали, такъ что по изгибу номера основной стали всегда ниже номеровъ соответственной кислой.

Спокойная основная сталь стынетъ такъ же ровно, какъ и кислая.

Какъ при основной, такъ и при кислой стали случается, что при застываніи болванки немного вырастаютъ. Обстоятельство это почти не имѣетъ вліянія на прокатку кислой стали, между тѣмъ какъ выросшая основная

\*) Слѣдуетъ замѣтить, что совершенная сварка не всегда удается

сталь катается крайне плохо: полосы рвутся въ краяхъ, даютъ трещины, профили не выходятъ полными и т. д.

Причина этого явленія, вѣроятно, кроется въ большемъ количествѣ газовъ, растворенныхъ въ основной стали, какъ полученной при высшей температурѣ, чѣмъ кислая сталь.

## ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

### Приготовление твердой основной стали.

Приготовление твердой основной стали сопряжено съ затрудненіями, которыя завясятъ отъ многихъ, одновременно требующихся условий, а именно: въ-1-хъ, сталь должна вполне спокойно застывать въ изложницахъ (не пучиться и не рости); во-2-хъ, она должна быть именно той твердости, какой требуется; не отвѣчающая по твердости сталь долго залеживается безъ употребленія; въ-3-хъ, выдѣленіе вредныхъ примѣсей въ такой плавкѣ должно быть возможно полнѣе.

Чтобы удовлетворить всѣмъ этимъ условіямъ, раньше вели плавку слѣдующимъ образомъ (когда еще марганецъ былъ признаваемъ полезною составною частью стали):

Какъ только расплавится въ ваннѣ матеріалъ, прибавляютъ богатый марганцемъ сплавъ (ферромарганецъ, или зеркальный) въ такомъ количествѣ, чтобы ввести марганца около 1,5%, если въ шихтѣ было около 0,05% S; даютъ ему расплавиться, пережшиваютъ и черезъ 8 — 10 м. послѣ введенія марганца въ ванну сгребаютъ шлакъ, вмѣстѣ съ которымъ удаляется большая часть фосфора и почти вся сѣра. Марганецъ (въ количествѣ 1,5%) былъ прибавленъ съ цѣлью выдѣленія сѣры, съ которою онъ образуетъ химическое соединеніе (вѣроятно сѣрнистый марганецъ) при кипѣніи ванны, когда богатый основаніями шлакъ сильно окисляетъ сталь. Прибавлять марганецъ необходимо во время хода плавки, а не въ навѣску, потому что послѣдній выгоритъ раньше, чѣмъ ванна закипитъ и сѣра почти вся останется въ ваннѣ.

Послѣ сгребанія шлака прибавляютъ 4—6% известняка и даютъ стали закипеть. Когда она достаточно согрѣлась (вслѣдствіе кипѣнія), берутъ пробу, куютъ и закаливаютъ ее и по излому судятъ о силѣ стали. По какой пробѣ слѣдуетъ кончать плавку для различныхъ сортовъ стали будетъ сказано ниже (см. гл. X).

Когда по пробѣ сталь подходяща для даннаго заказа (что необходимо проверить вторичной пробой), кладутъ на малыя окна печи (или въ подогрѣвательную печь) для подогрѣва 4—6% зеркальнаго чугуна (или въ

рѣдкихъ случаяхъ сѣраго чугуна № 1, когда готовятъ сталь съ малымъ содержаніемъ марганца, напр., инструментальную), устанавливають запоры въ ковшѣ и когда зеркальный нагрѣется (не выше вишнево-краснаго цвѣта), сталкивають его въ ванну, кладутъ на его мѣсто около 3% ферросилиція и приступаютъ къ пробиванію отверстія, чтобы не дать ферросилицію плавиться на окнахъ. Какъ только ломъ прошелъ въ печь (что замѣтно по появленіи фонтана стали на поверхности ванны), сталкивають ферросилицій (если онъ достаточно подогрѣлся), перемѣшиваютъ ванну тремя, четырьмя кочергами, наливають пробу въ стаканчикъ. и если она не растетъ, выпускають сталь. Если же она растетъ, то бросаютъ въ ванну нѣсколько пудовъ ферросилиція ( $\frac{1}{2}$ —1%). перемѣшиваютъ и снова наливають пробу въ стаканчикъ. Если и вторая проба растетъ, то лучше выпустить плавку и во время вытеканія стали изъ печи, по желобу, бросить въ сталь ( $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{5}$ %) ферросилиція, разбитаго мелко и подогрѣтаго. Еще лучше бросить въ желобъ металлическаго алюминія, или ферроалюминія, отъ котораго сталь стынетъ очень хорошо.

Когда по желобу пойдетъ шлакъ, въ него насыпають песку, чтобы нейтрализовать сильное дѣйствіе шлака на кремній ферросилиція, не успѣвшего еще соединиться со сталью.

Для успѣшнаго выхода плавки (чтобы получить спокойную сталь) необходимо обратить главное вниманіе на соотвѣтственный нагрѣвъ добавочныхъ матеріаловъ, а именно: зеркальный нельзя нагрѣвать выше вишнево-краснаго цвѣта, такъ какъ сильнѣе нагрѣтый онъ даетъ большой угаръ марганца и сталь растетъ по недостатку этого элемента; ферросилицій необходимо нагрѣть до свѣтло-краснаго цвѣта, чтобы дать ему возможность скорѣе расплавиться и перемѣшаться со сталью. Если ферросилицій столкнутъ въ ванну холоднѣе, то онъ долго плавится, а за это время выгораетъ марганецъ и часть кремнія, что обуславливаетъ ростъ стали.

Кромѣ соотвѣтственнаго нагрѣва добавочныхъ, очень важна задѣлка отверстія. Если оно задѣлано чисто (безъ стали), то пробиваютъ его быстро и плавка выходитъ удачно. Если при пробиваніи выйдетъ небольшая задержка (напр. только первый ломъ не пройдетъ), то плавку можно выпустить удачно, своевременно прибавляя нѣкоторый избытокъ ферросилиція, или ферромарганца. Но если пробиваніе продолжается  $\frac{1}{2}$  часа и больше, то обыкновенно приходится выпускать плавку на мягкую сталь, т. е. дожидаться соотвѣтственной пробы (послѣ того, какъ ломъ прошелъ въ печь) и, прибавивъ только ферромарганца, выпустить плавку на *M*, или *2M*-ую сталь.

Если по какой либо причинѣ приходится прибавлять нѣкоторое количество ферросилиція, или ферромарганца сверхъ нормы, то это вліяетъ

на окончательную твердость получаемой стали, такъ что если и удастся при этихъ условіяхъ получить спокойную сталь, то рѣдко она отвѣчаетъ по твердости своему назначенію. Поэтому, если необходимо такую сомнительную плавку подогнать къ желаемой твердости, то лучше всего не прибавлять ничего въ печь, а бросить въ желобъ нѣсколько фунтовъ алюминія. Получится сталь спокойная, а количество углерода и марганца останутся почти безъ перемѣны.

Если желательво приготовить очень твердую сталь (съ содержаніемъ углерода около 1%), то лучше кончать плавку раньше, по пробѣ, богатой углеродомъ (содержащей до 1% C), нежели доводить ее до пробы съ 0,1%—0,2% C и затѣмъ соответственными добавочными повышать содержаніе углерода въ стали до желаемого предѣла, конечно, принимая во вниманіе угаръ этого элемента; такъ какъ при такомъ способѣ придется примѣнять большое количество добавочныхъ матеріаловъ, что неудобно во многихъ отношеніяхъ, а именно: ванна сильно охлаждается, вводится много другихъ элементовъ (*P*, *S* и *Si*), вредныхъ для твердой стали, даже въ сотыхъ доляхъ процента, увеличивается разнообразіе въ угарѣ углерода, что затрудняетъ приготовленіе стали требуемой твердости и проч.

Поэтому въ данномъ случаѣ лучше кончать плавку раньше по пробѣ, содержащей 1%; но при такомъ содержаніи этого элемента ванна сильно кипитъ и обезуглероживаніе идетъ очень быстро. Чтобы избѣжать этого, ванны не позволяютъ вовсе кипѣть, бросая въ нее по нѣскольку пудовъ (3—4) руды, какъ только начинается кипѣніе, такъ что во время плавки руды расходуютъ 40 — 60 пуд. (около 10%). При такомъ способѣ веденія плавки, выгораніе углерода происходитъ очень тихо и когда проба покажетъ, что его достаточно осталось въ стали, кладутъ на окна добавочные матеріалы (ферросилицій, бѣдный марганцемъ), раздѣлываютъ отверстие, сталкиваютъ добавочные въ ванну, перемѣшиваютъ ее и выпускаютъ сталь, обыкновенно въ желобъ кладутъ алюминій для большаго спокойствія стали.

## ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

### Добавочные матеріалы.

Такъ какъ температура основной стали выше, чѣмъ кислой, то и составныя части добавочныхъ матеріаловъ на основной печи выгораютъ гораздо быстрѣе, чѣмъ на кислой; слѣдовательно, угаръ здѣсь надо принимать большій, въ особенности для марганца, который предохраняетъ

углеродъ для выгоранія, вслѣдствіе чего угарь послѣдняго часто равенъ 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Большія колебанія угара завясятъ отъ неравномѣрнаго хода плавокъ, обусловленнаго какъ (а) ходомъ печи, (б) состояніемъ газа и заваливаніемъ, такъ и (с) матеріалами, вошедшими въ составъ навѣски, кромѣ того, угарь завяситъ (г) отъ температуры стали, (д) отъ содержанія въ ней газовъ (на что вліяетъ продолжительность плавленія и кипѣнія плавки, а въ особенности неравномѣрная температура ванны), отъ (е) насыщенности шлака кислотами и отъ тому подобныхъ обстоятельствъ, дѣйствующихъ одновременно, а потому затемняющихъ другъ друга.

а) Ходъ печи вліяетъ на угарь добавочныхъ матеріаловъ такимъ образомъ, что чѣмъ холоднѣе идетъ печь, тѣмъ угарь меньше. б) Чѣмъ больше газа, и чѣмъ горячее была завалена печь, тѣмъ больше угарь. в) Матеріалы, составляющіе навѣску, вліяютъ такимъ образомъ, что чѣмъ меньше примѣсей желѣза было въ шихтѣ, тѣмъ быстрѣ плавка поспѣла и тѣмъ меньше угарь. г) Съ повышеніемъ температуры стали, возрастаетъ угарь. д) Насыщенность стали газамн увеличиваетъ угарь. е) Насыщенность шлака кислотами уменьшаетъ угарь кремнія и увеличиваетъ угарь марганца.

Причины эти обуславливаютъ большую неопредѣленность плавокъ на основныхъ печахъ, чѣмъ на кислыхъ. Старый способъ веденія плавки на мягкую сталь состоитъ въ томъ, чтобы довести содержаніе углерода въ стали до нисшаго предѣла \*) и прибавить соотвѣтственное количество добавочныхъ матеріаловъ, чтобы получить сталь желаемой твердости, конечно, при этомъ слѣдуетъ принять во вниманіе вышеуказанныя (отъ а—е) обстоятельства, оказывающія вліяніе на угарь добавочныхъ матеріаловъ. При современномъ положеніи мартеновскаго дѣла плавку ведутъ лишь до тѣхъ поръ, пока изъ стали не выдѣлится весь фосфоръ, и затѣмъ выпускаютъ сталь безъ введенія марганца, обуглероживая ее въ желобѣ или ковнѣ.

## І. Мягкая сталь.

Такъ какъ мягкая сталь кипитъ въ изложницахъ, то при окончаніи плавки не заботятся объ останавливаніи кипѣнія ея, а только о введеніи необходимаго количества углерода и марганца. Все нижеприведенное относится къ старому способу полученія основной стали.

Разсмотримъ каждый сортъ мягкой стали отдѣльно:

### М.—Корабельная сталь.

Для приготовленія такой стали, пли доводятъ плавку до пробы вчетверо безъ трещины и вмѣстѣ съ ферромарганцемъ прибавляютъ и зер-

\*) Такъ какъ при этомъ выдѣляется и большая часть примѣсей.

кальный чугунъ, или же кладутъ только одинъ ферромарганецъ послѣ пробы, которая дала трещину при сгибаніи вдвое.

Ферромарганца прибавляютъ 0,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а зеркальнаго—около 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Если кончаютъ плавку по пробѣ вчетверо, которая содержитъ около 0,08<sup>0</sup>/<sub>0</sub> углерода, безъ слѣдовъ марганца, то вмѣстѣ съ добавочными вводить въ ванну:

	<i>C.</i>	<i>Mn.</i>
Изъ 0,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ферромарганца . . .	$0,7 \times 0,052 = 0,036\%$	$0,7 \times 0,8 = 0,56\%$
» 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> зеркальнаго . . .	$1 \times 0,05 = 0,050$	» $1 \times 0,2 = 0,20$
Всего . . . . .	0,086 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,76 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Оставалось въ ваннѣ . . . . .	0,080 »	0,00
Итого . . . . .	0,166 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> <i>C.</i>	и 0,76 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> <i>Mn.</i>

Принимая угаръ углерода въ 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и угаръ марганца въ 50%, найдемъ, что окончательно сталь получится съ содержаніемъ углерода около 0,14% и марганца 0,38<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. На практикѣ чаще всего получаютъ такіе результаты, хотя количества углерода чаще отвѣчаютъ ожиданіямъ, нежели количества марганца, угаръ котораго колеблется въ предѣлахъ отъ 25<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и до 70<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Если кончатъ по пробѣ вдвое съ трещиною, то марганца получится меньше, такъ какъ не прибавляютъ зеркальнаго, а углеродъ останется почти тотъ же. Проба вдвое съ трещиною содержитъ около 0,14<sup>0</sup>/<sub>0</sub> углерода, такъ что вмѣстѣ съ ферромарганцемъ вводить въ сталь:

	<i>C.</i>	<i>Mn</i>
	$0,7 \times 0,052 = 0,036\%$	$0,7 \times 0,8 = 0,56\%$
Оставалось въ ваннѣ . . . . .	0,140 »	0,0
Всего . . . . .	0,176 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> <i>C.</i>	0,56 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> <i>Mn.</i>

При угарѣ въ 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—0,14<sup>0</sup>/<sub>0</sub> *C* и при угарѣ въ 40<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—0,35<sup>0</sup>/<sub>0</sub> *Mn* останется въ стали. Угаръ для марганца здѣсь меньше, такъ какъ плавка не такъ быстро постѣиваетъ, какъ въ предъидущемъ случаѣ, потому что проба была тверже.

### 2М.—Обыкновенная листовая сталь.

Сталь эта должна содержать около 0,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> углерода. Плавку кончаютъ по пробѣ вчетверо безъ трещины, которая содержитъ около 0,08<sup>0</sup>/<sub>0</sub> углерода, прибавивъ только 0,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> ферромарганца. Слѣдуетъ замѣтить, что окончательная проба до выпуска, послѣ всѣхъ прибавленій (чугуна и зеркальнаго) должна гнуться вчетверо безъ трещины, независимо отъ того, какія пробы были до прибавленія. Обыкновенно проба вчетверо послѣ зеркальнаго содержитъ немного марганца (около 0,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> *Mn.*).

Вмѣстѣ съ 0,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> ферромарганца вводить въ сталь:

	<i>C.</i>	<i>Mn.</i>
	$0,7 \times 0,052 = 0,036\%$	$0,7 \times 0,8 = 0,56\%$
Въ ваннѣ оставалось . . . .	0,080 »	0,1 »
Всего . . . .	0,116 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,66

Принимая угаръ углерода въ 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и марганца въ 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, окончательно получимъ сталь съ содержаніемъ углерода до 0,09<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и марганца 0,33<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

### 3М—сваривающаяся сталь.

Такъ какъ эта сталь должна содержать возможно меньше углерода (около 0,05<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), то для ея приготовления кончаютъ плавку по самой мягкой пробѣ. Въ этомъ случаѣ не довольствуются одною пробой вчетверо, а берутъ двѣ, или три пробы подъ рядъ и каждая изъ нихъ должна гнуться безъ трещины. Но при этомъ ванна перестаетъ кипѣть и сталь стынетъ; приходится неоднократно прибавлять зеркальный и кремнистый чугуны, чтобы сталь была горячѣе и жиже, и когда наконецъ проба будетъ соотвѣтственной, а сталь жидкою, то ее быстро выпускаютъ. Такую плавку ведутъ слѣдующимъ образомъ. Когда проба гнется вдвое съ небольшою трещиною кладутъ, въ печь I—I<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub> зеркальнаго, даютъ ему прокипѣть и, когда проба гнется прибавляютъ 4—5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> чугуна. Ванна при этихъ условіяхъ кипитъ хорошо, но сталь тихо *доходитъ* (т. е. становится мягче), потому что въ ваннѣ много марганца, который не успѣлъ еще выгорѣть до прибавленія чугуна.

Вмѣстѣ съ 0,7 ферромарганца вводятъ въ сталь:

	<i>C.</i>	<i>Mn.</i>
	$0,7 \times 0,052 = 0,036\%$	$0,7 \times 0,8 = 0,56\%$
Оставалось въ стали . . . .	0,040 »	0,05 »
Всего . . . .	0,076 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,61 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

При угарѣ въ 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> получимъ 0,06<sup>0</sup>/<sub>0</sub> *C*, а при угарѣ въ 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—0,30 *Mn*.

Вышеуказанные добавочные относятся, какъ и все прочее, къ стали, разливаемой черезъ ковшъ; ниже привожу данныя, примѣняющіяся въ 1892 г. на Александровскомъ сталелитейномъ заводѣ въ С.-Петербургѣ, гдѣ отливка болванокъ происходитъ прямо изъ печи въ изложницы. При этихъ условіяхъ сталь можетъ быть гораздо мягче, такъ какъ она не стынетъ въ ковшѣ.

Кончаютъ плавку такимъ образомъ, что прибавляютъ зеркальный (4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и 2,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>); даютъ ему закипѣть, сгребаютъ шлакъ, доводятъ пробу до изгиба вчетверо безъ трещины и снова прибавляютъ такое же количество зеркальнаго, доводятъ пробу до изгиба вдвое безъ трещины, прибавляютъ ферромарганецъ и выпускаютъ. Во время выпуска берутъ пробы и, смотря



по обстоятельствамъ, задержавъ вытекание стали, прибавляютъ ферромарганецъ или зеркальный.

Для получения различныхъ сортовъ стали применяютъ слѣдующіе добавочные:

1<sup>1/2</sup> М. (М).

Зеркального I-й разъ . . . . .	3%
» II-й » . . . . .	4 »
Ферромарганца . . . . .	0,2 »
Причемъ зеркальный содержитъ 10 » Мп и 5% С.	
и ферромарганецъ . . . . .	60 » Мп и 5 » С.

Такъ какъ первой порціи зеркального даютъ выгорѣть сполна, то примемъ въ расчетъ только вторую и ферромарганецъ:

С. Мп.

Изъ 4% зеркального вводятъ въ		
сталь . . . . .	4×0,5=0,20 и 4×0,1=0,4 % Мп.	
Изъ 0,2% ферромарганца . . . . .	0,2×0,5=0,01 и 0,2×0,6=0,12 »	
	Всего . . . . .	0,21% С и 0,52% Мп.
Оставалось въ стали . . . . .	0,03 »	0,05 »
	Всего . . . . .	0,24% С и 0,57% Мп.

А такъ какъ сталь содержитъ около 0,15% С и 0,4% Мп, то угаръ углерода приблизительно равенъ 25%, а марганца—32%.

2М.

Зеркального I-й разъ . . . . .	2,6%
» II-й » . . . . .	2,6 »
Ферромарганца . . . . .	0,2 »

Вмѣстѣ съ добавочными (второй порціей зеркального и ферромарганцемъ) вводятъ въ сталь:

	С.	Мп.
Изъ 2,6% зеркального . . . . .	2,6×0,05=0,13%	2,6×0,1=0,26%
» 0,2 » ферромарганца . . . . .	0,2×0,05=0,01 »	0,2×0,6=0,12 »
	Всего . . . . .	0,14% С и 0,38% Мп.
Оставалось въ стали . . . . .	0,03 »	0,05 »
	Всего . . . . .	0,17 » и 0,43% Мп.

При угарѣ въ 30% остается около 0,1% С и 0,29% Мп.

3М.

Для получения такой стали обыкновенно приходится прибавлять чугуны и зеркальный нѣсколько разъ, пока наконецъ получится соответственная проба (съ содержаніемъ до 0,03% С и безъ марганца); тогда прибавляютъ только 0,82% ферромарганца и выпускаютъ сталь.

Вмѣстѣ съ ферромарганцемъ вводятъ въ сталь:

<i>C</i>	<i>Mn</i>
$0,82 \times 0,05 = 0,041\%$	$0,82 \times 0,6 = 0,49\%$
Оставалось въ стали . . . 0,030 »	0,01
Всего . . . 0,071 »	0,50%

При угарѣ въ 30% остается 0,048% *C* и 0,3% *Mn*.

Сталь эта очень мягкая; она даетъ до 35% удлиненія.

По вышеприведенному способу (отливки болванокъ непосредственно изъ печи) удобно готовить мягкую сталь, но приготовленіе твердой стали сопряжено съ нѣкоторыми затрудненіями; см. ниже глава XII, стр. 281.

## II. Твердая сталь.

Такъ какъ при твердой стали первымъ условіемъ является спокойное застываніе ея въ изложницахъ, зависящее отъ полного выдѣленія газовъ, содержащихся въ каждой плавкѣ, то для выдѣленія ихъ почти во всѣ плавки вводятъ одно и то же количество кремнія—около 0,35% (въ видѣ ферросилиція), хотя твердость стали различныхъ плавокъ должна быть различна; для достиженія этой цѣли измѣняютъ только количества марганца и углерода, прибавляемые при концѣ плавки.

При вычисленіи количества добавочныхъ матеріаловъ, слѣдуетъ принимать для зеркальнаго угаръ углерода въ 5%, а марганца отъ 50 до 60%; такъ какъ матеріалъ этотъ остается долго въ печи (во все время пробиванія отверстія и перемѣшиванія), между тѣмъ какъ послѣ расплавленія ферросилиція сталь тотчасъ же выпускаютъ изъ печи, то угаръ при-мѣсей этого матеріала незначителенъ; въ немъ выгораетъ раньше кремній и предохраняетъ углеродъ и марганецъ отъ выгорания, такъ что угаръ послѣднихъ элементовъ въ ферросилиціѣ слѣдуетъ принимать отъ 10 до 15%.

Чаще всего готовятъ слѣдующіе сорта твердой основной стали: осевую, балочную, оружейную, рѣже—бандажную и рельсовую и еще рѣже—инструментальную.

### а) Осовая сталь.

Какъ сказано выше, ферросилиція прибавляютъ для всѣхъ сортовъ одинаковое количество, а именно около 3%; количество зеркальнаго измѣняется отъ 4% до 6%, смотря по твердости стали, а также для нѣкоторыхъ сортовъ прибавляютъ около 0,5% ферромарганца и различныя количества кремнистаго чугуна, смотря по обстоятельствамъ.

Собственно для осевой стали прибавляютъ: 3% ферросилиція, 4% зеркальнаго и 0,5% ферромарганца.

Чтобы получить сталь съ содержаніемъ углерода въ 0,3% и марганца въ 1,1%, которая выдержала бы больше 65 килог. на разрывъ и дала бы около 18% удлиненія, нужно окончить плавку по пробѣ, согнутой вдвое съ небольшою третиной, содержащей углерода около 0,12% — 0,14%.

Вмѣстѣ съ добавочными вводятъ въ ванну:

*C.*

Изъ 3 % ферросилиція 3  $\times$  0,025 = 0,075% при угарѣ въ 10% — 0,068%  
 » 4 » зеркальнаго 4  $\times$  0,05 = 0,200 » » » » 50 » — 0,100 »  
 » 0,5 » ферромарган. 0,5  $\times$  0,05 = 0,025 » » » » 10 » — 0,023 »

Всего . . . . . 0,191%

Оставалось въ ваннѣ . . . . . 0,120%

Получается въ стали всего . 0,311% *C*

*Mn.*

Изъ 3 % ферросилиція 3  $\times$  0,18 = 0,54% при угарѣ въ 15% — 0,46%  
 » 0,5 » ферромарган. 0,5  $\times$  0,8 = 0,40 » » » » 15 » — 0,34 »  
 » 4, » зеркальнаго 4  $\times$  0,205 = 0,82 » » » » 50 » — 0,41 »

Получается всего въ стали . 1,21% *Mn*

#### б) Балочная сталь.

Сталь эта должна давать 20% удлиненія при 55 килогр. на разрывъ. Химическій составъ ея: *C*—0,2; *Mn*—0,8 и пр. \*). Для полученія такой стали кончаютъ плавку по пробѣ вчетверо съ содержаніемъ углерода въ 0,08% и прибавляютъ 3% ферросилиція и 3,5% зеркальнаго. Вмѣстѣ съ этими добавочными вводятъ въ сталь:

*C.*

Изъ 3 % ферросилиція 3  $\times$  0,025 = 0,075 при угарѣ въ 10% — 0,068%  
 » 3,5 » зеркальнаго . 3,5  $\times$  0,05 = 0,175 » » » » 50 » — 0,087 »

Всего прибавляютъ . . 0,155%

Оставалось въ ваннѣ около . . . . . 0,080%

Получается въ стали всего . . . 0,235% *C*

*Mn.*

Изъ 3 % ферросилиція . . 3  $\times$  0,18 = 0,54 (угаръ въ 15%) — 0,462%  
 » 3,5 » зеркальнаго . . 3,5  $\times$  0,205 = 0,72 ( » » 50 » ) — 0,360 »

Всего получается . . . . . 0,822%

т. е. около 0,8% *Mn*.

\*) Отд. III Гл. VIII.

## с) Оружейная сталь.

Подъ этимъ названіемъ приготавливаютъ четыре сорта стали (называемые категоріями соответственныхъ номеровъ), изъ которыхъ готовили наши оружейные заводы (Сестрорѣцкій и Тульскій) ружья новаго образца (3-хъ линейнаго калибра). Въ зависимости отъ тѣхъ частей, на выдѣлку которыхъ предназначается сталь, она подраздѣляется на четыре категоріи, удовлетворяющія различнымъ техническимъ условіямъ, а потому обладающія различнымъ химическимъ составомъ. Кромѣ соответственныхъ техническихъ условій, сталь эта должна быть очень плотною, чтобы послѣ прокатки на ней не имѣлось волосовинъ, портящихъ издѣліе. Ниже приведены всѣ четыре сорта съ ихъ составомъ и условіями прочности, составленными въ 1891 г.

Таблица XXV.

№ по изгибу.	№ категоріи	Разрывъ груза въ кил. на кв. мм. въ средн.	Удлиненія въ %		ХИМИЧЕСКІЙ СОСТАВЪ.			
			наим.	наибол.	C	Mn	P	S
					%	%	%	%
2 м'			24	—	0,17	0,5	} 0,01—0,03	} 0,005—0,015
1 2	II	33	20	24	0,25	0,9		
1 1/2	III	58	17	20	0,35	1,1		
2 1/2	IV	68	14	17	0,45	1,25		

Слѣдуетъ замѣтить, что условія для IV-й категоріи поставлены неправильно, такъ какъ отъ этой стали оружейные заводы требуютъ, чтобы она не поддавалась дѣйствию напильника въ закаленномъ состояніи, а этому условію можетъ отвѣчать только сталь, содержащая не меньше 0,5 — до 0,55% углерода, которая даетъ 75 килогр. на разрывъ при 10 — 12% удлиненія и отвѣчаетъ по изгибу № 3-му.

Для I-й категоріи идетъ обыкновенная корабельная сталь.

## II категорія.

Для приготвленія этой стали (C — 0,26% и Mn — 0,9%) кончаютъ плавку по пробѣ вчетверо безъ трещины (съ 0,09% углерода). Добавочные: ферросилиція 3% и 4% зеркальнаго.

Вмѣстѣ съ добавочными вводятъ въ сталь:

*C.*

Изъ 3% ферросилиція	$3 \times 0,025 = 0,075$	послѣ угар.	— 0,063%	(угарь въ 10%)
» 4 „ зеркальнаго	$4 \times 0,05 = 0,200$	„ „	0,100 „	(угарь въ 50 „)

Всего . . . 0,168%

Оставалось въ ваннѣ . . . . . 0,09 „

Окончательно получится въ стали . . . 0,258 %

*Mn.*

Изъ 3% ферросилиція	$3 \times 0,18 = 0,54\%$	} послѣ угар.	0,49%	(угарь въ 10%)
» 4 „ зеркальнаго	$4 \times 0,205 = 0,82$ „			

Окончательно получится въ стали . . . . . 0,90%

### III категория.

Для приготовления этого номера кончаютъ плавку по пробѣ вдвое съ трещиною, содержащей углерода около 0,14%. Добавочные: ферросилиція 3%, а зеркальнаго—5,3% (для введенія нужнаго количества марганца въ сталь).

Вмѣстѣ съ добавочными вводятъ въ сталь:

*C.*

Изъ 3% ферросилиція . . .	$3 \times 0,025 = 0,075\%$	} послѣ угар.	{ 0,068%
» 5,3% зеркальнаго . . .	$5,3 \times 0,05 = 0,265$ „		

Всего . . . . 0,200%/о

Оставалось въ стали . . . . . 0,140 „

Окончательно получится . . . 0,340%/о

*Mn.*

Изъ 3% ферросилиція . . .	$3 \times 0,18 = 0,54$ %/о	} послѣ угар.	{ 0,49%
» 5,3% зеркальнаго . . .	$5,3 \times 0,205 = 1,087$ „		

Окончательно въ стали получится всего . . . . 1,03%/о

### IV категория.

Для полученія этой стали, содержащей 0,50% *C* и 1,25% *Mn*, кончаютъ плавку по пробѣ вдвое съ трещиною (съ 0,14% *C*), подобно предыдущему номеру, а большаго содержанія углерода достигается прибавленіемъ чугуна; кромѣ того, для увеличенія содержанія марганца прибавляютъ вмѣстѣ съ ферросилиціемъ и ферромарганецъ, а также увеличиваютъ количество зеркальнаго.

Добавочные для этой стали слѣдующіе: 3% ферросилиція, 0,5% ферромарганца, 6% зеркальнаго и 6,5% чугуна.

Вмѣстѣ съ добавочными вводить въ сталь:

## С.

Изъ 3 ‰ ферросилиция . . .	3 × 0,025 = 0,075 ‰	послѣ угаранія	0,068 ‰
» 6 ‰ зеркальнаго . . .	6 × 0,050 = 0,300 ‰	» »	0,150 ‰
» 6,5 ‰ чугуна . . .	6,5 × 0,035 = 0,228 ‰	» »	0,114 ‰
» 0,5 ‰ ферромарг. . .	0,5 × 0,058 = 0,029 ‰	» »	0,027 ‰
		Всего . . .	0,359 ‰
		Оставалось въ стали . . .	0,141 ‰
		Получится окончательно .	0,500 ‰

## Mn.

Изъ 3 ‰ ферросилиция . . .	3 × 0,180 = 0,540 ‰	послѣ угаранія	0,490 ‰
» 6 ‰ зеркальнаго . . .	6 × 0,205 = 1,230 ‰	» »	0,620 ‰
» 6,5 ‰ чугуна . . .	6,5 × 0,001 = 0,006 ‰	» »	0,003 ‰
» 0,5 ‰ ферромарган. . .	0,5 × 0,800 = 0,400 ‰	» »	0,200 ‰
		Всего . . .	1,303 ‰

Во всѣхъ вышеприведенныхъ номерахъ вводится значительное количество кремнія, но при основной набойкѣ онъ очень быстро выгораетъ, такъ напримѣръ въ послѣднемъ номерѣ кремнія вводить:

изъ 3 ‰ ферросилиция . . .	3 × 0,100 = 0,300 ‰
» 6 ‰ зеркальнаго . . .	6 × 0,015 = 0,090 ‰
» 6,5 ‰ чугуна . . .	6,5 × 0,030 = 0,195 ‰
» 0,5 ‰ ферромарганца . . .	0,5 × 0,015 = 0,007 ‰

Всего . . . 0,592 ‰ Si, а въ стали

остается около 0,15 ‰, т. е. выгораетъ около 75 ‰ всего количества кремнія.

## d) Бандажная сталь.

Бандажная сталь должна удовлетворять техническимъ условіямъ: разрывающій грузъ 65 килогр. при 12 ‰ удлиненія. Этими условіямъ удовлетворяетъ сталь съ содержаніемъ 0,35 ‰ С, 1 ‰ Mn и 0,08 ‰ P, но такіе бандажи очень мягки и выдерживаютъ небольшое разстояніе пробѣга до первой обточки; поэтому бандажную сталь слѣдуетъ готовить съ содержаніемъ углерода 0,44 ‰, около 1 ‰ Mn и до 0,02 ‰ P.

Чтобы вводить меньше добавочныхъ матеріаловъ, плавку кончаютъ раньше, чѣмъ для оружейной стали, а именно по пробѣ, которая ломается и содержитъ немного сыщи, углерода въ ней около 0,27 ‰.

Добавочные: 3 ‰ ферросилиция и 4 ‰ зеркальнаго.

Вмѣстѣ съ добавочными вводятъ въ сталь:

*C.*

Изъ 3% ферросилиція . . .	$3 \times 0,025 = 0,075\%$	послѣ угаранія	0,069%
» 4 » зеркальнаго . . .	$4 \times 0,050 = 0,200$	» »	0,100 »
		Всего . . .	0,169%
		Оставалось въ стали . . .	0,270 »
		Окончательно получится . . .	0,439%

*Mn.*

Изъ 3% ферросилиція . . .	$3\% \times 0,18 = 0,54\%$	послѣ угаранія	0,49%
» 4% зеркальнаго . . .	$4 \times 0,205 = 0,82$	» »	0,41 »
		Всего . . .	0,90%

*Si.*

Изъ 3% ферросилиція . . .	$3 \times 0,100 = 0,300\%$		
» 4 » зеркальнаго . . .	$4 \times 0,015 = 0,060$		
	Всего . . .	0,36%	а послѣ угара остается около 0,1%.

### е) Рельсовая сталь.

Въ исключительныхъ случаяхъ готовятъ рельсовую сталь изъ основныхъ печей (конечно, если имѣютъ въ распоряженіи и кислыя печи), какъ болѣе дорогую.

Плавку кончаютъ по пробѣ вдвое съ третиною, но безъ сыни, которая содержитъ около 0,15% *C.*

Добавочные, какъ и для бандажей: 3% ферросилиція и 4% зеркальнаго. Вмѣстѣ съ добавочными вводятъ въ сталь:

*C.*

Изъ 3% ферросилиція . . .	$3 \times 0,025 = 0,075\%$	послѣ угаранія	0,069%
» 4 » зеркальнаго . . .	$4 \times 0,050 = 0,200$	» »	0,100 »
		Всего . . .	0,169%
		Оставалось въ стали . . .	0,150 »
		Окончательно получится . . .	0,319%

*Mn.*

Изъ 3% ферросилиція . . .	$3 \times 0,180 = 0,540\%$	послѣ угаранія	0,49%
» 4 » зеркальнаго . . .	$4 \times 0,205 = 0,820$	» »	0,41 »
		Всего . . .	0,90%

### г) Инструментальная сталь.

Этотъ сортъ рѣдко готовятъ изъ мареновскихъ печей, такъ какъ его гораздо удобнѣе готовить изъ тигельной стали, составъ которой всегда за-

равне может быть точно известенъ. Главное затрудненіе при приготовленіи инструментальной стали изъ мартеповской печи состоитъ въ маломъ содержаніи марганца, которое должно въ ней заключаться, чего удается достигнуть только прибавленіемъ алюминія.

Шихта для этой стали должна быть чистой относительно фосфора и сѣры, т. е. фосфора можно ввести въ шихту около 0,1%, а сѣры до 0,05%.

Для приготовления стали различной твердости, кончаютъ плавку по различнымъ пробамъ, прибавляя одно и тоже количество кремнія, а именно 0,5% и алюминія около 0,025%. Такъ, напр., для приготовления стали съ содержаніемъ углерода въ 1%, кончаютъ плавку по пробѣ, содержащей до 0,90% С. и прибавляютъ 4,4% ферросилиція съ содержаніемъ 12% Si и 4% Mn, а алюминій прибавляютъ во время вытеканія стали изъ печи, бросая куски его въ желобъ. Вместе съ добавочными вводятъ въ сталь:

С.

Изъ 4,4% ферросилиція  $4,4 \times 0,025 = 0,11\%$  послѣ угара 0,1%  
 Оставалось въ стали . . . . . 0,9%  
 Получится всего 1,0%

Mn.

Изъ 4,4% ферросилиція  $4,4 \times 0,04 = 0,176\%$  послѣ угара 0,16%  
 Оставалось въ стали . . . . . 0,20%  
 Всего получится 0,36%

Si

Изъ 4,4% ферросилиція  $4,4 \times 0,012 = 0,528\%$  при 70% угара остается въ стали около 0,17%.

Al.

Изъ 0,025% алюминія остается въ стали меньше 0,005%.

## ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

### Выпускъ.

Выпускное отверстіе основной печи задѣлываютъ гораздо плотнѣе, чѣмъ кислой, потому что основная сталь легко выбираетъ задѣлку отверстія и плавка можетъ уидти. Это обстоятельство (плотная задѣлка) обуславливаетъ трудность раздѣлыванія отверстія.

Прежде всего вынимаютъ наружный слой глины сверломъ и, когда въ отверстіи останется одна мадера, загибаютъ желѣзный (лучше стальной) ломъ и вводятъ его въ отверстіе такъ, чтобы выгнутый конецъ былъ



направленъ вверхъ; подъ другой конецъ лома подкладываютъ обрѣзокъ рельса и ударяютъ по нему двумя молотами попеременно. Ломъ проходитъ сначала слой мадеры, потомъ слой глины, а когда онъ начнетъ подаваться впередъ быстрее, то это означаетъ, что острый конецъ его проходитъ по мягкому, внутреннему слою мадеры (ближайшему къ стали). Въ это время поднимаютъ крышку печи, ставятъ на нѣсколько секундъ ручку газоваго аппарата на центръ и смотрятъ въ печь по направленію къ выпускному отверстию. Какъ только конецъ лома пройдетъ въ печь, тотчасъ на поверхности стали появляется фонтанъ, зависящій отъ того, что сталь, придя въ соприкосновеніе съ холоднымъ ломомъ, кипитъ ключемъ и растворяетъ погруженный въ нее конецъ лома. Если лома еще не видно, то опускаютъ крышку и черезъ нѣкоторое время опять ее поднимаютъ, чтобы посмотреть въ печь.

Когда ломъ прошелъ, бросаютъ въ печь добавочный ферромарганецъ (при работѣ на мягкую сталь), или сталкиваютъ съ боковыхъ оконъ положенный на нихъ ферросилицій (при твердой стали) и перемѣшиваютъ ванну плоскими кочергами. Обыкновенно бываетъ достаточно 3—5 кочергъ для удовлетворительнаго перемѣшиванія ванны. Каждой кочергою мѣшаютъ до тѣхъ поръ, пока загнутый конецъ ея расплавится; тогда кочергу вынимаютъ изъ печи и замѣняютъ ее новою. Загнутый конецъ кочерги не расплавляется въ ваннѣ, если онъ былъ вполне покрытъ шлакомъ, или если сталь холодная; въ послѣднемъ случаѣ къ концу кочерги приваривается сталь, такъ что послѣ перемѣшиванія онъ вдвое толще, чѣмъ до этого.

Навариваніе стали на кочергѣ служить вѣрнымъ признакомъ, что плавка настолько холодна, что ее выпускать нельзя; она почти вся застываетъ въ концѣ.

Часто случается, что ломъ туго идетъ, или даже вовсе не подвигается впередъ, въ этомъ случаѣ выбиваютъ желѣзный ломъ назадъ и ставятъ на его мѣсто стальной, который обыкновенно проходитъ въ печь. Случается, однако, что въ отверстіе пройдетъ чугунокъ во время завалки, или сталь во время плавки и застынетъ въ немъ, образуя твердый слой, черезъ который ломъ проходитъ или очень трудно, или вовсе не проходитъ. Во всякомъ случаѣ, слѣдуетъ пробовать пробить, причемъ иной разъ приходится смѣнить ломовъ пять, такъ какъ концы ихъ нагрѣваются въ отверстіи и гнутся. Согнутый ломъ выбиваютъ назадъ, а на его мѣсто ставятъ новый. Если послѣ перемѣны 5—6 ломовъ отверстія не удалось пробить, то его задѣлываютъ мадерою и глиной, какъ сказано выше (см. Отд. II, гл. III), отравляютъ зеркальнымъ, или ферросилиціемъ, бросая ихъ на заднюю стѣнку въ видѣ мелкихъ кусковъ. Матеріалы эти плавятся, понижаютъ температуру плавленія перемѣшая-

ной съ ними стали вблизи выпускнаго отверстія и этимъ способствуютъ расплавленію стали въ отверстіи. При вторичномъ задѣлываніи отверстія, ломъ всегда проходитъ въ печь, а иногда сталь сама вытекаетъ изъ печи, разѣвъ не только сталь въ отверстіи, но и задѣлку его. Если отверстіе долго пробиваютъ (болѣе 10 м.), но ломъ идетъ такъ, что можно ожидать скорого выпуска, то для поддержанія кипѣнія въ печь прибавляютъ  $\frac{1}{2}$ —1% зеркальнаго чугуна, если же ломъ идетъ очень туго и предвидится вторичное задѣлываніе отверстія, то незачѣмъ поддерживать кипѣніе, но послѣ задѣлыванія отверстія необходимо прибавить 4—6% чугуна и  $\frac{1}{2}$ —1% зеркальнаго, а когда сталь закипитъ брать пробы до тѣхъ поръ, пока не достигнуть желаемой твердости стали; тогда вторично раздѣлываютъ отверстіе, держа на лопаткахъ мелко разбитый ферромарганецъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ сталь часто неожиданно начинаетъ вытекать изъ отверстія, причемъ мелко разбитый ферромарганецъ бросаютъ въ желобъ въ половинномъ количествѣ противъ прибавляемаго въ печь.

Слѣдуетъ замѣтить, что если приходится вторично задѣлывать отверстіе, то ковшъ нельзя сдвигать съ его мѣста подъ желобомъ, потому что сталь сама можетъ вытечь изъ печи въ то время, когда этого вовсе не ожидаютъ.

При холодномъ ходѣ печи случается, что отверстіе долго пробиваютъ и когда наконецъ ломъ пройдетъ въ печь, то сталь перестанетъ кипѣть и стынетъ въ ваннѣ (при перемѣшиваніи ее кочерги навариваются), такъ что ее нельзя выпускать, а необходимо подогрѣть зеркальнымъ или ферросилициемъ. Послѣ возобновленія кипѣнія снова берутъ пробы и наконецъ, прибавивъ ферромарганецъ, выпускаютъ сталь изъ печи.

Хотя при такой плавкѣ отверстіе остается пробитымъ (въ немъ остается ломъ) довольно долго (1 часъ и болѣе), но нечего опасаться ухода плавки въ отверстіе, потому что холодная сталь не только не расплавляетъ конца лома, но еще приваривается къ нему и только, когда сталь разогрѣется, то ломъ и приварившаяся къ нему сталь начинаютъ понемногу расплавляться. Въ этотъ моментъ (т. е. когда сталь достаточно горяча) приходится выпускать плавку.

Если послѣ пробиванія отверстія ломъ оставался въ немъ долго ( $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  ч.), то прежде, чѣмъ выбивать назадъ, слѣдуетъ его немного подвинуть впередъ нѣсколькими ударами молота, для отдѣленія стали, могущей проникнуть въ отверстіе и привариться къ лому въ болѣе холодномъ мѣстѣ. Затѣмъ выбиваютъ ломъ назадъ помощью молотка и зубила (какъ и на кислыхъ печахъ).

Случается, что при выбиваніи лома назадъ конецъ его отрывается и остается въ отверстіи, образуя родъ пробки, которая задерживаетъ сталь;

въ такомъ случаѣ надо тотчасъ же ставить новый ломъ (непремѣнно стальной) и снова пробивать отверстие. Если сталь застынетъ въ отверстіи, то его очень трудно пробить, такъ что приходится перемѣнить 5—6 ломовъ, пока наконецъ сталь пойдетъ изъ печи. При этомъ слѣдуетъ прибавить  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{2}\%$  ферромарганца, чтобы вознаградить потерю марганца отъ выгоранія.

Въ началѣ вытеканія изъ печи сталь идетъ тонкою струею. Чтобы ускорить вытеканіе, въ отверстие вводятъ шомполь съ внутренней стороны печи и нѣсколько разъ проводятъ имъ взадъ и впередъ; послѣ этого струя стали обыкновенно увеличивается до того, что при паденіи въ ковшъ она почти достигаетъ противоположной его стѣнки. Признакъ этотъ можно считать за норму для скорости вытеканія стали, а скорость имѣетъ большое вліяніе на величину настыва въ ковшѣ при разливаніи стали. Чѣмъ больше скорость вытеканія, тѣмъ меньше настывъ, но при слишкомъ большой скорости струя стали ударяетъ въ стѣнку ковша; она легко можетъ выбить кирпичъ изъ набойки ковша и расплавить часть кожуха его. Конечно, въ этомъ случаѣ не только плавка потеряна, но и ковшъ испорченъ. Если сталь течетъ слишкомъ скоро, то въ отверстие вставляютъ шомполь, уменьшая такимъ образомъ діаметръ отверстия, а слѣдовательно и скорость вытеканія. Если послѣ прочищенія отверстия шомполомъ сталь всетаки течетъ тихо, то вторично вводятъ болѣе толстый шомполь, или прочищаютъ отверстие снаружи печи крючкомъ.

Когда большая часть стали вытечетъ изъ печи, вмѣстѣ съ послѣдней начинается показываться шлакъ; количество его быстро возрастаетъ и наконецъ течетъ одинъ только шлакъ, при чемъ онъ скоро стынеть и можетъ затянуть выпускное отверстие. Во избѣжаніе этого съ внутренней стороны печи опять вводятъ шомполь, пробиваютъ желобъ, чтобы остатки шлака и стали попадали въ коморку передъ печью, а отверстие постоянно прочищаютъ съ наружной стороны крючками до тѣхъ поръ, пока печь почти опорожнится; тогда трамбовкою прочищаютъ отверстие, а въ печи остатки шлака и стали сгребаютъ къ выпускному отверстию, и когда все вытечетъ, высушиваютъ и задѣлываютъ отверстие, какъ сказано выше (см. гл. III).

Если сталь очень мягкая, или негорячая, то при вытеканіи изъ печи она настываетъ на стѣнкахъ желоба (выложеннаго кирпичемъ). Настыва эти отрываютъ отъ желоба, пока по нему еще течетъ сталь, потому что въ это время они легко отдѣляются отъ кирпича по своей мягкости, а когда застынуть, то вмѣстѣ съ ними отрывается и кирпичная кладка на желобѣ, такъ что ее приходится возобновлять.

Во время наполненія ковша сталью слѣдуетъ обращать вниманіе на запоры; если они неполнѣ высохли, то сталь около нихъ начинаетъ ки-

нѣтъ, объѣдаетъ глину и расплавляетъ желѣзный стержень запора («запоръ сгораетъ»). Во избѣжаніе этого необходимо бросать песокъ на то мѣсто запора, около котораго сталь кипитъ; песокъ отчасти плавится и покрываетъ глину слоемъ шлака, который предохраняетъ ее отъ дѣйствія стали. Сгораніе запора почти всегда влечетъ за собою потерю плавки.

## ГЛАВА ДВѢНАДЦАТАЯ.

### Разливаніе стали.

Когда желобъ пробьютъ, начинаютъ разливать сталь, для чего поднимаютъ запоръ при помощи ручки, отвинтивъ предварительно болтъ, поддерживающій поползушку запора и пускаютъ сталь въ изложницу.

Основную сталь разливаютъ по изложницамъ двумя способами: сверху, какъ кислую сталь, и снизу въ закрытыя, или глухія изложницы. Первый способъ выгоднѣе въ экономическомъ отношеніи но для него сталь должна хорошо стынуть; второй, хотя и не выгодный (часть стали теряется на литники), но примѣняется для отливки мелкихъ по вѣсу болванокъ.

При отливкѣ стали въ глухія изложницы наливаютъ ее въ одну открытую *чугунную* изложницу, помѣщающуюся по срединѣ поддонка, изъ которой сталь расходится литниками (см. ниже глава XIII) до закрытыхъ изложницъ и поднимается въ нихъ снизу вверхъ.

На нѣкоторыхъ заводахъ льютъ сталь не въ чугунную изложницу, а въ литникъ изъ огнеупорнаго матеріала, опасаясь расплавленія чугуна. Нѣтъ нужды прибѣгать къ такому способу, чугунныя изложницы стоятъ хорошо, а болванки изъ нихъ годны для прокатки. Чѣмъ мягче основная сталь, тѣмъ больше газовъ она содержитъ въ растворенномъ видѣ, которые при разлитіи выдѣляются и обуславливаютъ вспучиваніе стали въ проходной (въ которую льютъ сталь) изложницѣ. Чтобы дать время стечь стали и не залить краевъ изложницы прикрываютъ запоръ и льютъ, тоненькой струйкой; когда горизонтъ стали понизится, снова пускаютъ сталь полной струей, пока она опять не поднимется высоко въ проходной изложницѣ. Такимъ образомъ продолжаютъ лить, пока наполнятся глухія изложницы, снабженныя сверху отверстиемъ для отвода газовъ, въ которомъ показывается сталь, когда изложница полна. Въ этотъ моментъ слѣдуетъ прекратить притокъ стали въ проходную изложницу, дать ей успокоиться въ глухихъ изложницахъ нѣсколько секундъ и еще разъ прилить немного стали въ проходную изложницу. Иначе глухія изложницы будутъ неполными, потому что въ нихъ уровень стали во время разлитія выше, чѣмъ послѣ прекращенія его, что зави-

сильнѣе отъ давленія стали въ проходной изложницѣ равнаго высотѣ послѣдней плюсъ разстояніе отъ краевъ ея до поверхности стали въ ковшѣ при вполнѣ открытомъ занорѣ.

Если глухія изложницы окажутся неполными, то болванки въ нихъ или вырастаютъ, или садятся въ зависимости отъ качества стали.

Когда сталь подходитъ къ крышкѣ глухой изложницы, то стараются не пропустить ее въ отверстіе послѣдней, иначе она застынетъ въ немъ и закроетъ выходъ газамъ, давленіемъ которыхъ часть стали будетъ вытѣсняться обратно въ проходную изложницу, а изъ послѣдней, послѣ окончанія разливанія, сталь отчасти вытечетъ наружу и такъ приварится къ изложницѣ, что она уже больше не годится въ дѣло. Для этой цѣли прикрываютъ запоромъ отверстіе стакана, когда сталь приблизится къ крышкѣ изложницы и льютъ до конца тонкою струею. Если помимо этого сталь залила отверстія крышекъ, и въ проходной изложницѣ она поднимается быстро, то бросаютъ въ послѣднюю на поверхность стали землю (смѣсь песка и мелкаго шлака), перебиваютъ ее со сталью желѣзными крючками и смѣсь выбрасываютъ изъ изложницы, прибавляя новое количество земли, если сталь еще продолжатъ подниматься. Перебиванную землю сталь легко отдѣлится отъ поверхности болванки послѣ остыванія, такъ что болванка свободно выходитъ изъ изложницы. Когда сталь перестанетъ подниматься въ проходной изложницѣ, поливаютъ ее водою для болѣе быстрого застыванія стали, что впрочемъ дѣлаютъ часто для уменьшенія разогрѣванія изложницъ, которыя портятся отъ этого.

Если при замѣшиванія стали, часть ея перешла и на края изложницы, то образуются заливы, которые послѣ охлажденія болванки не позволяютъ послѣдней выйдти изъ изложницы. Заливы эти обрубаютъ или обламываютъ.

Замѣшиваютъ сталь въ проходной изложницѣ также и въ случаѣ сильнаго роста ея, хотя она и не дошла до крышекъ глухихъ изложницъ, потому что ростъ стали концентрируется, главнымъ образомъ, въ проходной изложницѣ.

При многократномъ закрываніи и открываніи запора (необходимыхъ для тихаго наливаія стали въ изложницы), на краяхъ проходной изложницы образуются заливы, которые обламываютъ, или отгибаютъ еще въ горячемъ видѣ при помощи ломовъ. Особенно важно обламывать заливы на ушкахъ изложницъ, потому что иначе изложницу трудно вынуть изъ канавы, а кромѣ того, при обрубаніи остывшихъ заливовъ на ушкахъ, послѣднія чаще всего обламываются. Достаточно отгибать заливы домами и молотами до такого положенія, при которомъ они не мѣшали бы болванкѣ выйдти изъ изложницы.

Если сталь недостаточно горяча, то она трудно проходитъ въ глухія

изложницы и сначала застываетъ въ двухъ трехъ литникахъ, а потомъ и въ остальныхъ, такъ что приходится останавливать разливаніе, потому что проходная изложница полна стали, которой нѣтъ выхода въ глухія. Хотя послѣднія наполнены до  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{2}$  или  $\frac{3}{4}$  своей высоты.

Такой случай крайне невыгоденъ въ экономическомъ отношеніи, такъ какъ короткія болванки не годятся для прокатки, а кромѣ того они всегда сильно выростають. Въ такихъ случаяхъ лучше отливать сталь въ открытыя изложницы, которыя на всякій случай заблаговременно ставятъ въ литейной канавѣ помимо глухихъ.

Глухія изложницы дѣлають только для болванокъ малыхъ размѣровъ (отъ 2 $\frac{1}{2}$  до 10-ти дюйм. въ сторонѣ квадрата, служащаго основаніемъ болванки). Изложницы большихъ размѣровъ (10—16 д.) наливають сверху такъ же, какъ и при кислой стали. Послѣ наполненія такой изложницы, сталь сначала немного поднимается (рѣже садится), а затѣмъ застываетъ въ краяхъ; въ это время покрываютъ болванку чугушной крышкой и поливають сверху водою. Если не покрыть застывающей болванки, то она выростетъ и верхняя часть ея для прокатки не будетъ годна. Крышки устраняють только второй періодъ роста (когда края болванки уже застыли), а первый періодъ—когда жидкая еще сталь поднимается во всей изложницѣ—крышками устранимъ быть не можетъ, а своевременнымъ прибавленіемъ зеркальнаго, во время хода плавки, или алюминія, во время вытеканія стали изъ печи. Если не прибавлять алюминія, то самая лучшая, мягкая сталь выростетъ, или сядетъ на 1—2 дюйма, въ листовыхъ изложницахъ, а въ квадратныхъ—та же самая сталь выростетъ больше (2—4 д.), но это не вредитъ прокаткѣ, какъ сказано выше (см. гл. VIII).

Листовыя изложницы наливаются такъ же точно, какъ и квадратныя, т. е. болванки малыхъ размѣровъ (отъ 6 до 8 д. толщиною), наливають снизу, а большихъ (10—17 д.)—сверху. Какъ тѣ, такъ и другія болванки послѣ застыванія краевъ покрываютъ крышками, положивъ предварительно на поверхность стали тонкій листокъ, на который накладываютъ крышку. Дѣлается это во избѣжаніе привариванія крышки къ болванкѣ.

Покрытую болванку поливають сверху водою; а также и изложницу.

Случается, что изъ-подъ одного края крышки вытекаетъ сталь и болванка начинаетъ въ этомъ мѣстѣ расти, тогда крышку передвигаютъ, такъ чтобы она съ избыткомъ покрыла мѣсто роста и поливають послѣднее водою; ростъ при этомъ прекращается.

Если въ открытой изложницѣ сталь сильно растетъ до застыванія краевъ, то вся поверхность болванки покрывается слоемъ густой стали, который замедляетъ выдѣленіе газовъ и этимъ увеличиваетъ ростъ. Слой этотъ разгоняють, помѣшивая болванку съ поверхности деревомъ до тѣхъ

порь, пока края болванки начнут стынуть; тогда ее покрывают листкомъ и крышкою.

Иногда при наливаніи въ открытыя изложницы проходитъ сталь между нижнимъ краемъ изложницы и поддонкомъ; чтобы остановить вытеканіе стали изъ изложницы, прикрываютъ отчасти запорь и бросаютъ землю въ то мѣсто, откуда вытекаетъ сталь, до тѣхъ поръ, пока не прекратится выдѣленіе искръ изъ-подъ слоя земли; это вѣрный признакъ, что сталь еще вытекаетъ, хотя изъ-подъ слоя земли она незамѣтна. Слѣдуетъ прибавить, что основную сталь труднѣе остановить, нежели кислую, такъ какъ послѣдняя холоднѣе.

При концѣ разливанія слѣдятъ за тѣмъ, чтобы шлакъ не попалъ въ изложницу поверхъ стали, потому что онъ сильно вспучивается и остановить этого вспучиванія нельзя ни крышкою, ни водою, такъ что подъ шлакомъ болванка вырастаетъ обязательно. Вспучиваніе основнаго шлака зависитъ отъ непроницаемости его относительно газовъ, выдѣляющихся въ большомъ количествѣ изъ остывающей стали, а такъ какъ слой шлака, по своей дурной теплопроводности, долго предохраняетъ сталь отъ остыванія, то болванка растетъ сильнѣе подъ шлакомъ, нежели безъ него. Воды на шлакъ наливать нельзя, такъ какъ это неминуемо повлечетъ за собою болѣе или менѣе сильный взрывъ, зависящій отъ того, что шлакъ быстро стынетъ съ поверхности, на которой остается вода, а при дальнѣйшемъ вспучиваніи шлака твердая корка на немъ трескается и вытекающій изъ-подъ нея жидкій шлакъ покрываетъ воду, прекращаетъ выдѣленіе пара и производитъ взрывъ.

Все вышесказанное относится къ разливанію стали при посредствѣ ковша; хотя способъ этотъ представляетъ большія преимущества въ отношеніи однородности получаемыхъ болванокъ и удобства работы, но въ немъ имѣются и большіе недостатки, касающіеся главнымъ образомъ мягкой основной стали. Послѣдняя, какъ содержащая меньше углерода, плавится при высшей температурѣ и обладаетъ болѣе густою консистенціею, нежели кислая сталь, или, говоря заводскимъ языкомъ, основная сталь гуще кислой. Поэтому она труднѣе проникаетъ черезъ малыя отверстія въ стаканахъ ковша и почти всегда даетъ болѣе, или менѣе значительныя настыли въ ковшѣ, увеличивающія количество скрапа и возвышающія цѣну литой, основной болванки. Во избѣжаніе настылей основную сталь, разливаемую при посредствѣ ковша, всегда готовятъ болѣе горячей, чѣмъ разливаемую непосредственно изъ печи въ изложницы. Но высокая температура стали крайне вредно отзывается на ея качествахъ: сталь поглощаетъ подъ конецъ обезуглероживанія много газовъ, вслѣдствіе чего растетъ при остываніи и даетъ болванки, которыя плохо куются и катаются и доставляютъ много обрѣзковъ изъ верхней части болванки. Кромѣ того высокая

температура выпускаемой стали обуславливаетъ быстрое изнашиваніе кирпичной кладки плавильнаго пространства печи.

Въ виду вышесказаннаго кажется болѣе цѣлесообразной отливка кислой стали и твердой основной при посредствѣ ковша, а мягкой основной— непосредственно изъ печи въ изложницы. По крайней мѣрѣ, можно придти къ такому заключенію, судя по качествамъ основной стали, получаемой у насъ по тому, или другому способу. Заводы, готовящіе основную сталь, разливаемую при посредствѣ ковша, достигли удовлетворительныхъ результатовъ, въ особенности, если часть расходовъ по приготовленію основной стали покрывалась одновременнымъ производствомъ кислой стали. Но о качествахъ основной стали, разливаемой непосредственно въ изложницы, краснорѣчивѣе всего говорятъ результаты испытаній мягкой снарядной стали, приготовленной Александровскимъ сталелитейнымъ заводомъ въ С.-Петербургѣ, которые указаны въ главѣ XXI «Испытанія стальныхъ пробъ», на стр. 310). Судя по этимъ результатамъ основную сталь, вышеназваннаго завода слѣдуетъ признать лучшей въ Россіи, что впрочемъ давно извѣстно всѣмъ, имѣющимъ дѣло со сталью. Качества основной стали Александровскаго сталелитейнаго завода въ С.-Петербургѣ, въ особенности за послѣднее 15-лѣтіе его дѣятельности, зависятъ не исключительно отъ способа ея отливки, но также и отъ веденія плавки, и отъ обработки стали. Въ послѣдніе годы къ этому же способу отливки возвратились нѣкоторые заграничные заводы, въ особенности во Франціи.

Если ввести нѣкоторыя улучшенія въ способъ отливки непосредственно изъ печей, то способъ этотъ представляетъ много преимуществъ въ особенности для печей небольшой вмѣстимости. Для обуглероживанія стали въ печи способъ этотъ менѣе пригоденъ, чѣмъ ковшъ.

---

## ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

### Отливаніе болванокъ снизу.

Для отливанія болванокъ снизу примѣняютъ квадратный поддонокъ (см. чер. 99), по направленію діагоналей котораго расположены по два параллельныхъ другъ другу выступа на разстояніи 127 мм. одинъ отъ другого. Въ каждой половинѣ діагонали, перпендикулярно къ ней, проходятъ по два выступа, тоже на 127 мм. удаленные другъ отъ друга. Выступы эти ограничиваютъ 8 каналовъ, заполняемыхъ пустотѣлыми кирпичами, остальные промежутки (треугольной и трапециoidalной формы) заполняютъ обломками простыхъ кирпичей.



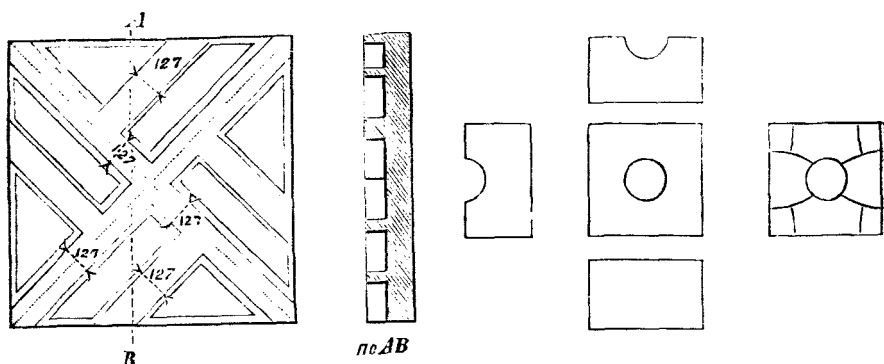
Пустотѣлые кирпичи дѣлають трехъ родовъ: а) центральные; б) средніе и в) концевые.

а) *Центральные кирпичи* состоять изъ двухъ половинокъ, сдѣланныхъ въ одной и той же формѣ, одна такая половинка показана на чертежѣ (чер. 100).

Двѣ половинки, сложенные другъ съ другомъ, образуютъ кубъ съ

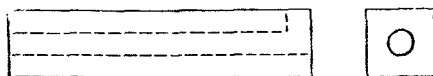
Чер. 100.

Чер. 99.



двумя сквозными отверстіями ( $d=45$  мм.), перпендикулярными другъ къ другу, между тѣмъ какъ третье отверстіе ( $d=67$  мм.) проходитъ только сквозь одну стѣнку и направлено перпендикулярно къ плоскости, въ которой расположены оси двухъ первыхъ отверстій.

Чер. 101.



б) *Средніе кирпичи* представляютъ собою прямую квадратную призму (чер. 101), снабженную сквознымъ отверстіемъ по длинѣ. Они приводятъ сталь въ концевые кирпичи, расположенные или по одному съ ними направлению, или перпендикулярно къ нимъ.

Въ послѣднемъ случаѣ на концѣ кирпича дѣлають полукруглую выемку (какъ показано на чертежѣ пунктиромъ). Двѣ такія выемки образуютъ каналъ, черезъ который сталь проходитъ въ концевые кирпичи расположенные перпендикулярно къ діагоналямъ поддона.

в) *Концевые кирпичи* снабжены такими же сквозными каналами, какъ и средніе, но на разстояніи 25 мм. отъ одного изъ концовъ находится круглый каналъ, перпендикулярный къ длинной оси призмы и проходя-

щей только через одну стѣнку. Этотъ то каналъ проводитъ сталь въ глужую изложницу.

Поддонки выкладываютъ пустотѣлыми кирпичами слѣдующимъ образомъ: складываютъ вмѣстѣ двѣ половинки центрального кирпича и помѣщаютъ ихъ въ квадратную выемку по срединѣ поддонка, причѣмъ кирпичъ располагаютъ такъ, чтобы большее, несквозное отверстие, было направлено кверху, тогда два сквозныхъ отверстія будутъ направлены по діагоналямъ поддонка. Непосредственно за центральнымъ кирпичемъ кладутъ средніе въ діагональныхъ выемкахъ, плотно приставляя ихъ къ центральному и замазывая швы въ стыкахъ густою, огнеупорною глиною. За средними кирпичами кладутъ концевые, располагая короткіе каналы ихъ вверхъ, и замазываютъ глиною наружный выходъ сквозного канала. Такимъ образомъ получается поддонокъ на пять изложницъ (одна открытая въ центрѣ и четыре закрытыхъ по угламъ поддонка).

Если желаютъ помѣстить на поддонкѣ 9-ть изложницъ (8 закрытыхъ и 1 открытую), то на концѣ среднихъ кирпичей и въ началѣ концевыхъ дѣлаютъ полукруглыя выемки (какъ сказано выше), которыя составляютъ круглое отверстие, расположенное по срединѣ каналовъ и перпендикулярное къ діагоналямъ. Въ короткихъ каналахъ помѣщаютъ концевые кирпичи, сквозное отверстие которыхъ приходится противъ вышеуказаннаго отверстия въ среднихъ и концевыхъ кирпичахъ. Такимъ образомъ получается еще четыре вертикальныхъ канала на концевыхъ кирпичахъ, которые проведутъ сталь въ четыре новыя, закрытыя изложницы; всего девять изложницъ на поддонкѣ.

Старые кирпичи выбиваютъ изъ горячихъ поддонковъ и тотчасъ же выкладываютъ поддонки новыми кирпичами и обмазываютъ глиною, чтобы она вполнѣ высохла.

Когда каналы наполнены пустотѣлыми кирпичами и замазаны глиною, заполняютъ остальные выемки обломками старыхъ кирпичей и замазываютъ глиною, такъ чтобы вся поверхность поддонка представляла, приблизительно, плоскость. Отверстія, черезъ которыя пойдетъ сталь въ изложницы, закрываютъ обрѣзками листовъ и даютъ поддонку вполнѣ высохнуть (часовъ 12-ть), послѣ чего онъ готовъ къ употребленію. Обмазанная поверхность поддонка должна быть ровной потому, что иначе нельзя установить на немъ изложницъ плотно, такъ чтобы сталь не приходила въ зазоры.

Сухой поддонокъ захватываютъ крючками цѣпи, концы которой вводятъ въ отверстія, сдѣланныя точно по срединѣ двухъ боковыхъ сторонъ поддонка (на чертежѣ отверстія эти показаны пунктиромъ) и ставятъ его въ литейную канаву, соблюдая при этомъ условіе, чтобы поддонокъ лежалъ горизонтально, иначе изложницы не всѣ будутъ полны.

Закрѣтыя изложницы ставятъ прямо на поддонокъ, не обмазывая нижняго края ихъ глиною, а заботясь только о томъ, чтобы отверстіе въ поддонкѣ приходилось приблизительно по серединѣ изложницы. Проходную (открытую) изложницу ставятъ по серединѣ поддонка и провѣряютъ по стакану ковша, а затѣмъ тщательно обмазываютъ нижніе края ея глиною, чтобы не допустить вытеканія стали черезъ зазоры между нижнимъ краемъ изложницы и поддонкомъ.

Если изложницы новыя, или остывшія послѣ перерыва въ работѣ, то необходимо подогрѣть, ихъ до опусканія въ канаву, потому что въ холодныхъ изложницахъ сталь кипитъ, пучится и болванки получаютъ неровными на поверхности.

При этомъ способѣ отливки теряется около 2—3% стали на литники, которые приходится пускать въ переплавку.

Изложницы большихъ размѣровъ (10—16 дюйм.) при отливкѣ сверху ставятъ на поддонки такъ же точно, какъ и при кислой стали, и обмазываютъ нижній край изложницы густою глиною.

Вмѣсто отливки малыхъ болванокъ снизу выгоднѣе лить сверху большія болванки, горячими вынимаютъ ихъ изъ канавы, обжимать безъ подогрѣва и рѣзать на куски малаго вѣса.

## ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.

### Листовыя изложницы.

Листовыя болванки необходимо отливать равной толщины и ширины, чтобы при прокаткѣ получался листъ съ ровными, приблизительно, краями. Чтобы имѣть возможность вынуть такую болванку изъ изложницы, надо ее дѣлать составной изъ двухъ частей, или половинокъ, которыя скрѣпляются между собою помощью желѣзныхъ хомутовъ и клиньевъ.

Половинки листовыхъ изложницъ дѣлаютъ двухъ родовъ: во-первыхъ, обѣ половинки отливаютъ по одной модели безъ всякихъ измѣненій, и во-вторыхъ — половинки отливаютъ по различнымъ моделямъ съ выступами на одной соответственно выемкамъ на другой.

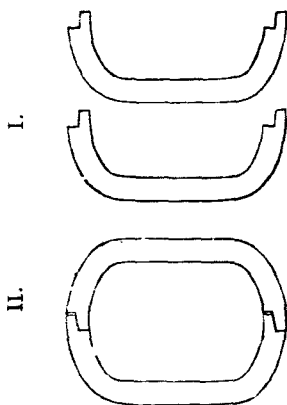
I. Половинки, отлитыя по одной модели, показаны на чер. 102, подъ № I отдѣльно, а подъ № II въ собранномъ видѣ. Можно бы думать, что собранныя половинки будутъ скользить одна по другой, по этому помѣщаютъ хомуты, которыми стягиваютъ изложницу. Способъ этотъ, кромѣ экономіи въ моделяхъ, представляетъ еще и то преимущество передъ нижеприведеннымъ, что обѣ половины изнашиваются равномерно.

II. Половинки, отлитыя по разнымъ моделямъ, показаны на чер. 103;

изъ нихъ одна снабжена наружными выступами, а другая - внутренними. Первая при отливкѣ подвергается большому расширенію, чѣмъ вторая и потому изнашивается гораздо быстрее. Края наружныхъ половинокъ коробятся, а по серединѣ, внизу являются трещины, такъ что приходится бросать всю изложницу, хотя половина ея еще годна. Если къ старой половинкѣ отлить новую наружную, то онѣ не подойдутъ другъ къ другу, такъ какъ старая отчасти потеряла свою форму (она покоробилась и расширилась), при отливкѣ и остываніи болванокъ.

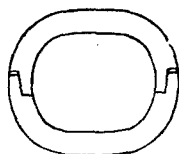
Прежде чѣмъ собирать листовую изложницу, необходимо почистить каждую половинку ея отдѣльно, чтобы удалить съ внутренней поверхности ихъ частицы шлака и стали, остающіяся на ней отъ предыдущей плавки.

Чер. 102.



Чистить изложницы скребкомъ, или лопаткою въ горизонтальномъ положеніи и затѣмъ ставить ихъ въ вертикальное — для сборки. Съ этой цѣлью ставить обѣ половинки возможно ближе другъ къ другу и надѣвать на нихъ одинъ, два, или три хомута, смотря по высотѣ изложницы. Подъ хомутъ подкладываютъ деревянныя подпорки и забиваютъ

Чер. 103.



стальные клинья между хомутомъ и тѣломъ изложницы ударами молота до отказа. Собранныю изложницу ставятъ въ литейную канаву, на чисто сметенный поддонокъ, и обмазываютъ снаружи нижній край ея густою глиною, чтобы заполнить промежутки между поддонкомъ и краемъ изложницы. Въ стыкахъ обѣихъ половинокъ всегда имѣются болѣе или менѣе значительные зазоры, которые заполняютъ съ наружной стороны густою глиною, наблюдая при этомъ, чтобы глина не прошла во внутрь изложницы.

Поддонки для листовыхъ изложницъ дѣлаются прямоугольной формы съ закругленными углами; толщина ихъ меньше, чѣмъ рельсовыхъ поддонковъ. Поперечные размѣры зависятъ отъ размѣровъ изложницы, превосходя послѣднія на 6—8 дюймовъ.

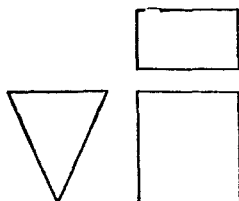
Хомуты имѣютъ видъ прямоугольниковъ съ округленными углами; ихъ свариваютъ изъ квадратнаго желѣза, толщина котораго зависитъ отъ величины изложницы. Слѣдуетъ замѣтить, что слишкомъ тонкіе хомуты скоро

изнашиваются; они перегибаются и лопаются, а очень толстые хомуты тяжелы и неудобны въ работѣ. Особенно важно придавать скругленію радіусъ достаточной величины (3—6 д.), такъ какъ при при малыхъ радіусахъ ( $1\frac{1}{2}$ —2 д.) хомутъ скоро лопается въ углахъ.

Клинья отливаютъ изъ стали по формѣ, показанной на чер. 101. Раньше всего изнашиваются верхушки клиньевъ отъ ударовъ молота.

Крышки отливаютъ изъ чугуна съ желѣзными ручками; онѣ имѣютъ форму прямоугольниковъ съ закругленными углами, а поперечные размѣры ихъ на 1—2 д. меньше поперечныхъ, внутреннихъ размѣровъ изложницъ.

Чер. 104.



Для примѣра привожу размѣры изложницъ, поддонковъ, хомутовъ и крышекъ, которыя давали на практикѣ удовлетворительные результаты (см. таблицу стр. 286).

## ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.

### Обрубаніе болванокъ.

Закрѣпленныя изложницы, послѣ наполненія ихъ сталью и застыванія послѣдней, снимаютъ съ болванокъ, которыя вынимаютъ изъ канавы вмѣстѣ съ поддонкомъ; на одномъ поддонкѣ помѣщается 9 болванокъ 7-ми дюймовыхъ, 5 болванокъ 9-ти дюймовыхъ и 16 болванокъ 4 дюймовыхъ. Каждую болванку отламываютъ молотками отъ литниковъ, а концы послѣднихъ, всегда остающіеся при болванкѣ, обрубаютъ при помощи молотка и зубила. Такъ же точно обламываютъ и обрубаютъ литники у мелкихъ листовыхъ болванокъ (вѣсомъ до 40 пуд.), которыя наливаютъ снизу. Большія листовыя болванки, налитыя сверху, обыкновенно имѣютъ заливы снизу, отъ неплотно пристающихъ краевъ изложницы къ поддонку, а сверху — отъ неплотно запирающагося запора. Заливы эти обламываютъ и обрубаютъ.

Таблица XXVI.

ИЗЛОЖНИЦА.				ПОДДОПОКЪ.			ХОМУТЪ.			КРЫШКА.			Радиусъ
Ширина.	Длина.	Высота.	Толщина стѣнки.	Длина.	Ширина.	Толщина.	Длина.	Ширина.	Толщина.	Длина.	Ширина.	Толщина.	угловъ излож- ницы.
Внутр. поперечн. сѣченіе.		д	ю	й	м	ы.	Размѣры внутренніе.						
6 $\frac{1}{2}$	12	36 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{4}$	—	—	—	22	16	1 $\frac{1}{2}$ ×1 $\frac{1}{2}$	10	5	2	2 $\frac{1}{2}$
6	16	{ 21 38 }	3	—	—	—	25	16	1 $\frac{1}{2}$ ×1 $\frac{1}{2}$	14	5	2	3
8	21	40	3	32	19	5 $\frac{1}{2}$	30	18	1 $\frac{3}{4}$ ×1 $\frac{3}{4}$	18	6 $\frac{1}{2}$	2	3 $\frac{1}{2}$
10	24 $\frac{1}{2}$	{ 35 53 }	3 $\frac{1}{4}$	36	21	5 $\frac{1}{2}$	33	20 $\frac{1}{2}$	2×2	20	7	2	3 $\frac{3}{4}$
12	30	54	3 $\frac{3}{4}$	40	23	5 $\frac{1}{2}$	42	23	2 $\frac{1}{4}$ ×2 $\frac{1}{4}$	26	9	2 $\frac{1}{4}$	4
14	32	54	3 $\frac{1}{2}$	45	25	5 $\frac{1}{2}$	44	25	2 $\frac{1}{4}$ ×2 $\frac{1}{4}$	28	11	2 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{1}{2}$
15	33	60	3 $\frac{1}{2}$	46	28	5 $\frac{1}{2}$	46	28	2 $\frac{1}{2}$ ×2 $\frac{1}{2}$	29	12	2 $\frac{1}{2}$	5
17	36	60	3 $\frac{1}{2}$	48	30	5 $\frac{1}{2}$	48	30	2 $\frac{1}{2}$ ×2 $\frac{1}{2}$	30	14	2 $\frac{1}{2}$	5

Кромѣ того боковыя поверхности (особенно широкія стороны) болванокъ должны быть по возможности чисты, т. е. не содержать пленъ, раковинъ и частицъ застывшаго шлака, чтобы получить послѣ прокатки листъ, годный къ употребленію. На этихъ поверхностяхъ всегда имѣются болѣе, или менѣе значительныя плены, гнѣзда шлака и глины, а также раковины, происходящія отъ неровной поверхности изложницъ, бывшихъ уже нѣкоторое время въ употребленіи. Всѣ эти пороки удаляютъ вырубаніемъ.

Плены вырубаютъ такимъ образомъ, что удаляютъ только края ихъ до тѣхъ поръ, пока не исчезнетъ слой окалины, покрывающій поверхность болванки и внутреннюю часть плены; обыкновенно средняя, толстая часть плены не содержитъ уже окалины, а потому ее оставляютъ невырубленною. Такая плена приварилась къ болванкѣ при отливкѣ ея и при прокаткѣ она заглаживается совершенно, особенно, если листъ прокатываютъ не съ одного нагрѣва, а съ двухъ. Шлакъ и глину сначала выколачиваютъ, а затѣмъ срубаютъ края образовавшихся пустотъ, въ которыхъ всегда остаются частицы шлака, или глины. При этомъ приходится иногда вырубать углубленія до  $\frac{1}{2}$ " , но это не вредитъ качеству листа. потому что углубленія эти заполняются при прокаткѣ. Раковины вырубаютъ подобнымъ-же образомъ, удаляя только окисленные края ихъ, а также и всю поверхность, если она окажется богатой окалиною.

Такъ-же точно обрубаютъ и бандажныя болванки, валы, оси, балки и фасонную сталь въ болванкахъ различной формы, а иногда и рельсовую, хотя къ этому прибѣгаютъ только въ случаѣ неудовлетворительной прокатки ихъ, такъ какъ обрубаніе большого количества рельсовыхъ болванокъ дорого стоитъ. Вырубаніе болванокъ хотя и увеличиваетъ цѣну стали; но уменьшаетъ количество брака при дальнѣйшей ея обработкѣ, такъ что въ экономическомъ отношеніи оно не безвыгодно.

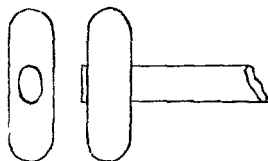
Принадлежности обрубанія слѣдующія: зубило, молотокъ и деревянная рамка, съ проволочною сѣткою, а также очки съ сѣткою для рабочихъ.

Зубила дѣлаютъ изъ твердой тигельной стали № 12 (съ содержаніемъ С—въ 1,2%); ихъ куютъ на обыкновенномъ кузнечномъ горну и закаливаютъ при соломенно-желтомъ цвѣтѣ. Когда зубило иступится, его точатъ на камнѣ и снова закаливаютъ, такъ какъ при точкѣ оно отпускается.

Молотокъ дѣлаютъ также изъ твердой, тигельной стали и придаютъ ему форму, показанную на черт. 105; вѣсъ молотка около 8 фунтовъ. Такъ какъ при обрубаніи отрываются куски стали съ большою скоростью, то они могутъ производить пораненія людей; для удерживанія ихъ ставятъ проволочную сѣтку, натянутую въ деревянной рамкѣ, которую располагаютъ съ той стороны, куда направлено остріе зубила при вырубаніи. Сѣтка должна быть довольно частой, чтобы мелкія куски стали не про-

никали въ отверстія ея. Величина отверстія около  $\frac{1}{4}$  дюйма (черт. 233). Мелкіе обломки стали разлетаются въ разныя стороны и могутъ повредить глаза рабочимъ, поэтому послѣдніе должны всегда работать въ очкахъ,

Черт. 105.



Черт. 106.



которые кромѣ стеклъ снабжены и небольшими сѣточками, очень частыми и плотно пристающими къ лицу.

## ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ.

### Холодная плавка.

Въ старую печь всегда проникаетъ меньше газа, чѣмъ въ новую, т. е. ходъ старой печи «холодный». При этихъ условіяхъ плавленіе идетъ медленно, а окисленіе примѣсей желѣза быстро, такъ что послѣ расплавленія въ ваннѣ остается мало примѣсей (*C*, *Mn*, *P*, *S* и *Si*), часто сумма всѣхъ примѣсей не превышаетъ 0,15%. Вслѣдствіе этого ванна кипитъ очень непродолжительно (15—20 м.) и сталь получается, хотя и очень мягкой, но вмѣстѣ съ тѣмъ настолько холодною, что она вовсе непригодна для разливанія. Приходится подогревать ванну, для чего въ нее прибавляютъ чугуны, богатый кремніемъ и зеркальный. Количество прибавляемаго чугуна, колеблется между 4 и 10%. Если сталь не очень холодная, то бываетъ достаточно прибавить 4% чугуна и  $\frac{1}{2}$ % зеркального, но при холодной стали лучше сразу прибавить большое количество чугуна (7—8%), чтобы избѣжать многократнаго (до 5—6 разъ) прибавленія по 4—5%. Очень холодная сталь даже не закипитъ надлежащимъ образомъ отъ прибавленія 5% чугуна.

Добавочный матеріалъ (чугунъ и зеркальный) предварительно подогреваютъ въ нагревательной печи, или на боковыхъ окнахъ мартеновской печи, и когда онъ достаточно нагрѣтъ (до свѣтло-краснаго цвѣта), его погружаютъ въ ванну. Послѣдняя въ началѣ пѣнитъ, а затѣмъ закипаетъ (приблизительно черезъ  $\frac{1}{2}$  ч.), Если ванна прокипитъ больше  $\frac{1}{2}$



часа, то обыкновенно сталь бывает настолько горячею, что ее можно выпустить и разлить безъ большой настыли въ ковшѣ.

При очень холодномъ ходѣ печи, послѣ добавленія 4—5% чугуна, ванна кипитъ минутъ 10—15 и останавливается, между тѣмъ какъ сталь остается еще слишкомъ холодною для выпуска; въ такихъ случаяхъ приходится прибавлять нѣсколько разъ чугуна, что очень увеличиваетъ продолжительность плавки и является причиною сильнаго разѣданія набойки печи. Во избѣжаніе этого, какъ сказано выше, лучше сразу прибавить около 8% и даже 10% чугуна; отъ такого прибавленія сталь прокипитъ около 1 ч. и настолько подогрѣется, что ее можно разлить по изложницамъ.

Однократное прибавленіе 4—5% чугуна обыкновенно увеличиваетъ время плавки на 1 ч., а если приходится прибавлять чугуна нѣсколько разъ, то плавка можетъ затянуться на 12 ч. и больше. Понятно, что это вовсе невыгодно въ экономическомъ отношеніи и если случается на печи, то послѣднюю надо гасить для ремонта.

Вмѣстѣ съ чугуномъ полезно прибавлять  $\frac{1}{2}$ —1% зеркальнаго, а если плавка очень холодная, то прибавляютъ 2—3% одного зеркальнаго, или въ крайнемъ случаѣ, 1—1 $\frac{1}{2}$ % ферросилиція; послѣдняго впрочемъ стараются избѣгать, потому что онъ сильно разѣдаетъ набойку печи.

Такъ какъ при холодной плавкѣ примѣси чугуна подвержены продолжительному окисленію со стороны горячихъ газовъ, то при этомъ окисляется и весь фосфоръ, выдѣляясь полнѣе и раньше, чѣмъ при горячей плавкѣ. Кромѣ того, на болѣе полную дефосфоризацію имѣетъ влияние то обстоятельство, что при холодной плавкѣ окисляется большое количество желѣза, а потому шлакъ содержитъ больше основанія и легче поглощаетъ фосфорную и кремневую кислоты.

Въ зависимости отъ избытка окисловъ желѣза находится также и большое количество шлака, поэтому при холодной плавкѣ приходится сгребать шлаку вдвое болѣе; чѣмъ при горячей, такъ что въ шлаковой ямѣ передъ печью не хватаетъ мѣста: приходится во время плавки вынимать шлакъ изъ ямы, заливать водою, разбивать и вывозить въ отвалъ. Но эта операція крайне неудобна потому, что шлакъ занимаетъ какъ разъ то мѣсто, на которомъ приходится работать во время плавки, помѣшивая ванну, наливая пробы, или прибавляя чугуна и зеркальный. Здѣсь только оказывается все неудобство сгребанія шлака въ яму передъ печью и все преимущество вывоза его на тележкахъ тотчасъ же послѣ сгребанія.

Большое окислительное дѣйствіе газовъ при холодной плавкѣ влечетъ за собою и большій угаръ металла. При горячихъ плавкахъ угаръ составляетъ около 10% навѣски, а при холодныхъ доходитъ до 20%.

Какъ сказано выше, холодная плавка продолжается гораздо дольше горячей и сильнѣе разѣдаетъ набойку печи. Почти при каждой холод-

ной плавкѣ, подѣ конецъ ея, въ какомъ либо мѣстѣ ванны появляется фонтанъ стали, который указываетъ на соприкосновеніе ея съ болѣе холодными частями набойки. Сталь отрываетъ верхній слой доломитовой набойки, который былъ нагрѣтъ до температуры ванны, между тѣмъ какъ ниже лежащій слой гораздо холоднѣе, вслѣдствіе дурной теплопроводности доломита: когда сталь приходитъ въ соприкосновеніе съ этимъ слоемъ, то поднимается вверхъ въ видѣ фонтана. Это движеніе стали крайне вредно, потому что способствуетъ постепенному увеличенію ямы въ набойкѣ преимущественно по направленію въ глубину, такъ что наконецъ сталь уходитъ изъ печи въ продѣланное ею отверстіе и заливаетъ переднюю площадку, или камеру (шлаковую) и литейную канаву.

Въ лучшемъ случаѣ (если сталь не уйдетъ изъ печи) послѣ выпуска въ набойкѣ печи оказываются болѣе, или менѣе глубокія ямы.

Если сталь выбираетъ яму на поду, то помочь ничѣмъ нельзя. Если подѣ сдѣланъ изъ кусковъ хромистаго желѣзняка, то часто плавка уходитъ внизъ; хромистая набойка стоитъ лучше, но лучше всего предохраняетъ плавку отъ ухода подѣ изъ магнезитоваго кирпича. Такъ что въ случаѣ образованія ямы на подѣ, подѣ которымъ находится магнезитовый кирпичъ \*), можно дальше вести плавку, не заботясь нисколько о ямѣ. Другое дѣло, если яма образуется на откосахъ. Въ этомъ случаѣ сталь можетъ оторвать магнезитовый кирпичъ (расположенный подѣ угломъ къ поверхности стали) и уйти изъ печи. Поэтому при раздѣданіи откосовъ стараются заложить раздѣденное мѣсто во время плавки какимъ нибудь холоднымъ, трудноплавкимъ матеріаломъ. Для этой цѣли примѣняютъ крупные куски хромистаго желѣзняка, известняка, или болванки пудельбарса. Хромистый желѣзнякъ хотя и очень трудноплавокъ, но имѣетъ тотъ недостатокъ, что по своей легкости всплываетъ на верхъ ванны при сколько нибудь значительной глубинѣ ямы, а кромѣ того, онъ не всегда имѣется въ кускахъ достаточной величины. Известнякъ можно имѣть въ кускахъ произвольной величины, такъ что онъ всплывать не будетъ, но онъ легко растворяется шлакомъ. Пудлинговая болванка лучше всего отвѣчаетъ цѣли: она трудноплавка, не всплываетъ на верхъ стали, но не всегда имѣется подѣ руками.

Когда раздѣденное мѣсто удалось заложить какимъ нибудь матеріаломъ, послѣдній обсыпаютъ доломитомъ, такъ чтобы онъ хотя отчасти приварился къ набойкѣ печи, и берутъ пробы стали до тѣхъ поръ, пока онѣ укажутъ на достаточную мягкость стали. Послѣ чего выпускаютъ

---

\*) Изъ 4,000 плавковъ, сдѣланныхъ авторомъ на магнезитовомъ подѣ, ни одна не ушла черезъ этотъ кирпичъ.

плавку, хотя она недостаточно горяча, такъ что при нормальныхъ условіяхъ ее пришлось бы подогрѣвать чугуномъ, или зеркальнымъ.

Если сталь выбрала значительную яму въ набойкѣ, то она стынетъ отъ соприкосновенія съ холодной набойкой и выпускъ ея становится невозможнымъ. Въ такихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ быстрому подогрѣванію дорого стоящими матеріалами—ферросилиціемъ, или ферромарганцемъ.

Если приходится выпускать холодную сталь, то болѣе или менѣе значительная часть ея застываетъ въ ковшѣ (отъ 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а иногда до 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>); кромѣ того, холодную сталь очень неудобно разливать въ глухія изложницы, какъ сказано выше (см. гл. XII), такъ что ее обыкновенно прямо льютъ въ открытыя изложницы, наливая болванки возможно большаго вѣса, чтобы терять меньше времени на передвиженіе ковша отъ одной изложницы къ другой.

При разливаніи холодной стали обыкновенно она застываетъ сначала въ одномъ стаканѣ (черезъ который льютъ сталь), а потомъ и въ другомъ. Если это происходитъ подъ конецъ разливанія, то оставшаяся въ ковшѣ сталь (6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) застываетъ на днѣ и стѣнкахъ его. Если же въ ковшѣ осталось больше стали (25<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), то часть ея застываетъ, между тѣмъ какъ другая часть остается еще въ жидкомъ состояніи; ее выливаютъ черезъ рыло ковша въ изложницы, чтобы облегчить удаленіе настыли изъ ковша послѣ ея остыванія. Черезъ рыло выливаютъ сталь такимъ образомъ, что послѣ удаленія запоровъ ковшъ поворачиваютъ на 45<sup>0</sup> относительно его первоначальнаго положенія, сливаютъ сначала большую часть шлака въ канаву, а затѣмъ подводятъ телѣжку ковша къ изложницѣ такъ, чтобы струя стали, при постепенномъ поворачиваніи ковша, попадала въ изложницу. Когда послѣдняя наполнится, ковшъ немного приподнимаютъ и подвѣзжаютъ къ другой изложницѣ. Налитыя такимъ образомъ болванки не годятся для обработки—онѣ содержатъ сталь, перемѣшанную со шлакомъ,—и идутъ обратно въ переплавку.

При холодномъ ходѣ печи приходится чаще выжигать клапаны газоваго аппарата, чистить газопроводныя трубы, особенно узкія мѣста ихъ, и вообще содержать генераторы въ исправности, чтобы въ нихъ всегда былъ напоръ газа, такъ какъ проникать газу въ старую печь гораздо труднѣе, чѣмъ въ новую.

---

## ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ.

### Горячая плавка.

Въ предъидущей главѣ описаны неудобства холодной плавки, но и горячія плавки не хороши, такъ какъ даютъ неплотную сталь. Горячія

плавки чаще всего имѣютъ мѣсто на новыхъ печахъ, при шихтѣ богатой чугуномъ, а въ особенности чугуномъ съ большимъ содержаніемъ кремнія. На сколько выгораніе кремнія можетъ повысить температуру ванны видно изъ нижеприведеннаго расчета. По Веддингу 1 кил. Si при сгораніи выдѣляетъ 7830 ед. т., то одинъ процентъ кремнія въ чугунѣ при завалкѣ въ 10 т. (около 630 пуд.) выдѣлитъ  $0,01 \times 7830 \times 10000 = 783000$  ед. т. Принимаемая теплопроизводительную способность угля въ 6000 ед. т. и утилизацію въ мартеновскихъ печахъ лишь 25% теплоты развиваемой углемъ въ генераторѣ, получимъ, что 1 кил. угля сгорающаго въ генераторѣ, развиваеетъ въ мартеновской печи  $6000 \times 0,25 = 1500$  ед. т. поэтому  $783000$  ед. т.  $= \frac{783000}{1500} = 522$  кил. = 33 пуд. угля. то на 1 пудъ стали приходится  $33 : 630 = 0,05$  пуда угля. Поэтому введеніе въ завалку 1% Si выдѣляетъ количество тепла равное  $\frac{1}{5}$  всей теплоты расходуемой на един. вѣса стали отъ начала до конца плавки (на 1 пуд. стали расх. 0,45 пуда угля).

При горячихъ плавкахъ обезуглероживанія обыкновенно идетъ далеко, а послѣ прибавленія марганца \*) сталь быстро выпускаютъ ради экономіи марганца, не давъ послѣднему времени возстановить того значительнаго количества закиси желѣза, которое присутствуетъ въ стали. Вслѣдствіе этого возстановительное дѣйствіе марганца происходитъ отчасти въ ковшѣ, а отчасти въ изложницахъ. Кислородъ закиси желѣза соединяется съ марганцемъ и образующаяся закись марганца вмѣстѣ съ другими окислами и пузырьками, выдѣляющихся при остываніи стали, газовъ стремятся подняться въ верхнія части болванки. Между тѣмъ послѣдняя остываетъ и задерживаетъ въ себѣ большую часть окисловъ и газовъ. Если окисловъ много, то они отдѣляются отъ металлическаго желѣза и собираются въ центрѣ болванки въ видѣ небольшихъ включеній шлака, составъ котораго по Руфусу слѣдующій:

	FeO	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	S.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
№ I	24,74	63,03	9,16	0,64	0,61	0,227
» II	27,01	59,05	10,18	0,84	0,76	0,316
» III	23,12	71,02	5,01	0,21	—	0,090
» IV	23,82	60,45	7,71	5,92	0,59	0,025

Вышеприведенные анализы представляютъ отъ четырехъ различныхъ плавковъ, составъ шлаковъ выдѣлившихся въ незначительныхъ количествахъ въ видѣ зеленоватосѣраго порошка, заполняющаго почти сплошь пустоты въ центрѣ болванки. Такимъ образомъ шлаки состоятъ преимущественно изъ закисей желѣза и марганца и кислотъ: кремневый и фосфорный, окись кальція и сѣра составляютъ остальную ихъ часть. Со-

\*) Руфусъ. *Stahl und Eisen* 1897 г. стр. 41.

ставъ ихъ указываетъ прямо, что это скопленія окисловъ и примѣсей желѣза, которыя не успѣли выдѣлиться въ печкѣ или ковнѣ.

Дальше если наблюдать большія болванки, отлитыя сверху вмѣстѣ съ маленькими болванками, отлитыми снизу изъ одной и той же плавки, то не трудно убѣдиться, что первыя содержатъ усадочныя раковины въ центрѣ, а послѣднія остаются вполне плотными. Несомнѣнно, что въ нихъ имѣются окислы, но при остываніи они не успѣли выдѣлиться и собраться въ одномъ мѣстѣ, и потому разсыяны по всей болванкѣ въ небольшихъ количествахъ. Очевидно и здѣсь имѣетъ мѣсто образованіе усадочной раковины: вызванное слишкомъ позднимъ возстановленіемъ окисловъ. На практикѣ нѣтъ возможности такъ окончить плавку, чтобы въ ней послѣ прибавленія ферромарганца не было ни газообразныхъ, ни жидкихъ кислородныхъ соединеній. Даже если работать съ большимъ избыткомъ марганца, то между прибавленіемъ послѣдняго и разливаніемъ проходитъ слишкомъ мало времени для полного разложенія и выдѣленія марганцемъ окисловъ желѣза.

Готовая къ разливанію сталь состоитъ изъ смѣси желѣза, марганца, кремнія, углерода и т. д. и кислородныхъ соединеній этихъ элементовъ; послѣднія конечно въ незначительномъ процентномъ содержаніи. Металлическія частицы обладаютъ высшей точкою плавленія, нежели окислы, поэтому въ отлитой болванкѣ, у краевъ ея, соприкасающихся съ изложницею затвердѣваютъ только металлы, а окислы въ жидкомъ видѣ оттѣсняются къ центру изложницы. По своему незначительному удѣльному вѣсу окислы эти стремятся всплывать на верхъ, въ чемъ имъ помогаютъ пузырьки газа, выдѣляющагося изъ остывающей стали. Поэтому усадочная раковина всегда является въ центрѣ болванки и большею частью въ ея верхней трети. Усадка тѣмъ больше, чѣмъ горячѣе была сталь, такъ какъ она содержитъ больше растворенныхъ газовъ, которые при выдѣленіи способствуютъ передвиженію и собиранію окисловъ. Какъ сказано выше, у краевъ болванки застываетъ корка стали, почти свободная отъ окисловъ, а внутренняя часть застывающей болванки мало по малу приходитъ въ тѣстообразное состояніе и застываетъ равномерно. Чѣмъ горячѣе и жиже была плавка, тѣмъ толще свободная отъ окисловъ корка и тѣмъ богаче окислами центральная часть болванки. При холодныхъ плавкахъ наоборотъ центръ болванки относительно плотенъ, а оттѣсненные окислы собираются въ видѣ кольца на нѣкоторомъ отъ краевъ разстояніи. Выводы эти подтверждаетъ Руфусъ фотографическими снимками съ разрѣзанныхъ, полированныхъ и вытравленныхъ болванокъ отъ горячихъ и холодныхъ плавокъ.

Дальше Руфусъ говоритъ, что еслибы была возможность продержать жидкую сталь въ ковнѣ, или другомъ закрытомъ приборѣ, около часу

послѣ ея выпуска изъ печи безъ пониженія температуры, то было бы достаточно времени для возстановленія находящихся въ ней окисловъ и получилась-бы сталь, обладающая свойствами тигельной стали. Тигельная сталь, по мнѣнію Руфуса, представляетъ вполнѣ возстановленную сталь, т. е. несодержащую окисловъ.

То, что предлагаетъ Руфусъ, было выполнено еще въ 1895 г. Горн. Инж. Славяновымъ въ нѣсколько измѣненной формѣ, а именно сталь отличную въ изложницы, поддерживали около часу въ расплавленномъ состояніи помощью гальваническаго тока и получали прекрасную, плотную сталь.

Къ числу вредныхъ вліяній горячихъ плавокъ на качества стали слѣдуетъ отнести извѣстный фактъ разрыва пробныхъ брусковъ съ очень малымъ удлиненіемъ, причѣмъ въ поперечномъ сѣченіи разорваннаго бруска почти всегда замѣтно темное пятно землистаго вида, иногда сопровождаемое пузырькомъ газа т. е. свищемъ. Обыкновенно присутствіе такихъ пятенъ объясняется нерастворенными частицами ферромарганца или ферросилиція, но это мнѣніе опровергъ Г. Гиббардъ на конгрессѣ инженеровъ въ Чикаго 1893 г. \*). Онъ указалъ, что образованіе такихъ пятенъ наблюдалось въ такихъ случаяхъ, когда не могло быть рѣчи о нерасплавленныхъ остаткахъ ферромарганца, или ферросилиція. Гиббардъ находилъ эти пятна только тогда, когда сталь была отлита слишкомъ горячею. По его мнѣнію, нечистоты стали (очевидно окислы ея примѣсей) собираются въ нѣкоторыхъ точкахъ, большею частью подъ поверхностью остывающей болванки и образуютъ вышеуказанныя пятна. Мнѣніе Гиббарда подтвердили обширныя изслѣдованія А. Стифенсона и Р. Кэнига \*\*) на заводѣ «Standard steel works» надъ бандажами, слѣдствіемъ которыхъ было, что названный заводъ сталь готовитъ бандажи изъ болванокъ въ 1,7 м. высотой, верхняя часть которыхъ отрубалась и шла въ переплавку, а остальная часть длинной болванки разрубалась на куски, требуемаго для отдѣльныхъ бандажей вѣса.

## ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ.

### О растворенныхъ въ стали газахъ.

Разсмотрѣнное въ предыдущей главѣ вліяніе окисловъ на остываніе стали, особенно горячей, не такъ значительно, какъ вліяніе растворенныхъ въ стали газовъ, количество которыхъ тѣмъ больше, чѣмъ горяче была плавка. Такъ какъ литая сталь, даже тигельная, никогда не бываетъ

\*) Stahl und Eisen. 1894. 803. Мартенсъ. О ликвиціи въ стали.

\*\*) Stahl und Eisen. 1894. 809.

свободной отъ растворенныхъ въ ней газовъ, то самымъ важнымъ \*) является разложеніе этихъ газовъ соответственными добавочными матеріалами, чтобы получить равномерный сплавъ стали съ вышеприведенными окислами. Выдѣленіе газовъ изъ стали отлитой въ изложницы всегда связано съ измѣненіемъ объема, который или увеличивается, когда сталь растеть въ изложницахъ, или уменьшается когда она садится. Въ последнемъ случаѣ только у краевъ изложницы остается тонкій слой застывшей стали, а по всему остальному поперечному сѣченію болванки сталь опускается и застываетъ на нѣсколько дюймовъ, а иногда и на нѣсколько десятковъ дюймовъ ниже вышеупомянутаго тонкаго слоя у краевъ. Если въ садящуюся сталь тотчасъ послѣ ея отливанія прибавить небольшой кусокъ алюминія (около 10 гр. на 1 т. болванки), то тотчасъ же сказывается его дѣйствіе—поверхность стали сразу садится до того уровня, котораго она достигла бы лишь послѣ продолжительнаго кипѣнія и постепеннаго осѣданія въ изложницѣ. Прибавленіемъ такого же куска алюминія къ растущей стали нельзя достигнуть подобнаго результата.

Въ ниже приведенной таблицѣ показаны результаты анализовъ газовъ, собранныхъ Руфусомъ во время литья стали изъ закрытыхъ изложницъ.

Таблица XXVII.

№№	CO <sub>2</sub> .	O.	[CO.	H.	Сумма.	Состояніе стали въ изложницахъ.
1	7,4	1,0	52,8	27,46	88,66	Садилась.
2	7,2	,01	60,1	21,00	88,31	Спокойно стыла.
3	8,2	0,10	63,8	18,00	91,10	Садилась.
4	2,1	0,30	69,4	16,80	88,60	"
5	3,9	1,0	70,0	19,10	94,00	"
6	8,3	0,2	73,3	13,3	95,10	Спокойно стыла.
7	3,0	0,7	77,0	6,0	86,70	"
8	5,2	0,5	81,7	5,3	92,70	Росла.
9	4,0	0,0	82,0	4,8	90,8	Спокойно стыла.
10	2,7	0,3	85,2	4,0	92,20	Росла.

Изъ вышеприведенныхъ результатовъ Руфусъ выводитъ заключеніе, что сталь садящаяся содержитъ больше водорода, происхожденіе котораго онъ объясняетъ разложеніемъ паровъ воды, содержащихся въ воздухѣ, служащемъ для горѣнія: окись углерода и углекислота являются продуктами выгоранія углерода чугуна. Газы эти подобно окисламъ не могутъ вполне выдѣлиться до остыванія стали и образуютъ усадочныя раковины. Даже незначительное процентное содержаніе углерода въ расплавленной стали предохраняетъ желѣзо отъ окисленія. Взглядъ этотъ подтверждается силь-

\*) Руфусъ см. выше.

нымъ дѣйствіемъ незначительнаго количества окиси желѣза (руды, или окалины), прибавленнаго къ горячей плавкѣ. Выгораніе углерода, совершившееся до прибавленія медленно, происходитъ при этомъ быстро и сопровождается сильнымъ кипѣніемъ, по реакціи  $FeO + C = Fe + CO$ . Можно бы предположить, что въ обезуглероженныхъ плавкахъ, богатыхъ окислами, реакція эта пойдетъ наоборотъ, т. е. прибавленный въ ванну углеродъ возстановитъ окись желѣза по реакціи:  $C + FeO = CO + Fe$ . Но практика показала, что подобная реакція не имѣетъ мѣста. Опыты прибавленія кокса, графита и древеснаго угля для замѣны возстановительнаго дѣйствія марганца привели къ отрицательнымъ результатамъ. Красноломкость такихъ плавокъ была значительное послѣ прибавленія углерода, нежели до этого; такія опытные плавки оказались негодными ни для какаго дѣла. Вышеуказанное незначительное количество алюминія, будучи прибавлено, прежде всего соединяется съ свободнымъ кислородомъ, а затѣмъ возстановляетъ окисленные соединенія углерода. Выдѣленіе водорода кажется при этомъ ускореннымъ. Если прибавить около 0,05% алюминія къ садящейся, или растущей стали, то дѣйствіе этой прибавки выражается въ полномъ прекращеніи выдѣленія газовъ. Болванки стынуть ровно и не содержать внутри пустотъ. Прибавленіемъ въ изложницы около 0,2% Si можно достигнуть тѣхъ же результатовъ. Разлагаемые газы CO и CO<sub>2</sub> отдають свой кислородъ для образованія Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или SiO<sub>2</sub>, которыя присоединяются къ имѣющимся въ болванкахъ окисламъ. Водородъ поглощается желѣзомъ. Если болванки стынуть ровно, съ большею вѣроятностью можно принять, что въ нихъ нѣтъ усадочныхъ раковинъ, помимо этого нельзя не признать, что въ нихъ заключается болѣе или менѣе значительное количество окисловъ, которые остаются и застывають въ тѣхъ мѣстахъ болванокъ, гдѣ они оказались послѣ отливки, такъ какъ передвиженію ихъ не способствуютъ выдѣляющіеся газы. Но прибавленіе алюминія, или ферросилиція имѣетъ то неудобство, что дѣлаетъ сталь болѣе густою, плохо разливаемою снизу; кромѣ того сталь, въ которую былъ прибавленъ алюминій, обладаетъ, по даннымъ Руфуса, меньшимъ сопротивленіемъ разрыву и меньшимъ удлиненіемъ. Въ нижеприведенной таблицѣ указаны результаты испытаній четырехъ плавокъ, причемъ отъ каждой плавки были взяты по двѣ пробы; одна съ алюминіемъ, другая безъ него.

Отъ прибавленія въ изложницы ферросилиція сталь становится болѣе богатой углеродомъ, прочность ея возрастаетъ на нѣсколько килограммовъ; но за то она часто непригодна для такихъ издѣлій, которыя требуютъ мягкой стали.

Вышеописанныя наблюденія Руфуса, привожу какъ единственныя въ этомъ направленіи, которыя имѣются въ технической литературѣ послѣд-



Таблица XXVIII.

№ плавки.	Пробы безъ прибавл. Al.			Пробы съ прибавл. Al.		
	Сопр. разр. въ кил.	Удлиненіе въ %.	Уменьш. сѣченія въ %.	Сопр. разр. въ кил.	Удлиненіе въ %.	Уменьш. сѣченія въ %.
I	42,34	27,0	51,00	40,11	22,0	36,00
II	42,02	26,5	55,70	41,38	23,0	33,50
III	41,28	23,0	57,70	40,28	21,5	57,70
IV	41,38	28,0	60,00	42,07	24,0	61,00

няго десятилѣтія, хотя они въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ не согласуются съ моими наблюденіями. Въ результатахъ своихъ анализовъ Руфусъ нигдѣ не указываетъ содержанія азота, между тѣмъ какъ необходимость его присутствія во всѣхъ анализахъ Руфуса указываетъ содержаніе кислорода. Последнее нельзя иначе объяснить какъ остатками воздуха въ изложницѣ во время отливанія стали; такіе остатки получались и у меня помимо всѣхъ стараній избавиться отъ примѣси воздуха къ собираемымъ газамъ. Такъ напр., газы, выдѣляющіеся изъ стали во время отливки, и первое время послѣ ея окончанія я выпускалъ наружу черезъ отверстіе одного крана, а когда начиналось остываніе стали, первый кранъ закрывали и черезъ второй пропускали по мѣдной трубкѣ (оканчивающейся кускомъ свинцовой) газы въ стеклянную трубку, съ водою, или ртутью, надъ которыми они собирались. Мѣдная трубка съ двумя кранами помѣщалась въ отверстіи закрытой изложницы. Въ анализированныхъ мною газохъ углекислоты, или вовсе не было, или количество ея не составляло одного процента. Въ одномъ только отношеніи мои анализы сходны съ Руфуса, а именно, что количества окиси углерода и водорода взаимно дополняются, т. е. если въ газѣ много окиси углерода, то мало водорода и наоборотъ. Но по моимъ наблюденіямъ окисью углерода богаты газы, выдѣляющіеся изъ мягкой основной стали, при маломъ содержаніи водорода, а въ газохъ кислой стали и твердой основной (спокойной) наоборотъ главную составную часть представляетъ водородъ при незначительномъ содержаніи окиси углерода. Это различіе въ составѣ газохъ указано мною въ 1893 г. въ I-омъ изданіи этой книжки, гдѣ на стр. 79 приведены газы изъ кислой стали состава:  $H-90\%$ ;  $CO-2\%$ ;  $O-1\%$ ;  $N-7\%$ , а изъ основной—  $H-2,5\%$ ;  $CO-90\%$ ;  $O-1,5\%$ ;  $N-6\%$ .

По всей вѣроятности кислородъ и азотъ принадлежать остаткамъ воздуха въ изложницѣ; небольшія количества углекислоты составляютъ про-

дуктъ сторапія окиси углерода на счетъ кислорода воздуха. Остаются только двѣ составныя части газовъ, растворенныхъ въ стали: водородъ и окись углерода. Принимая во вниманіе ту громадную разницу, которая на глазъ наблюдается въ количествѣ выдѣляющихся газовъ изъ твердой кислой и мягкой основной стали приходится предположить, что въ расплавленной стали растворенъ главнымъ образомъ одинъ только водородъ, а по мѣрѣ обезуглероживанія сталь становится постепенно гуще и менѣе способною къ пропусканію газовъ. Поэтому твердая, кислая и основная сталь (съ содержаніемъ углерода въ 0,3—0,4% и больше) содержатъ раствореннымъ одинъ водородъ съ примѣсью нѣсколькихъ процентовъ окиси углерода, которая не успѣла выдѣлиться въ печкѣ подѣ конецъ обезуглероживанія. Между тѣмъ какъ въ основной стали обезуглероживаніе идетъ гораздо дальше, сталь становится гущею и задерживаетъ часть окиси углерода, количество которой такъ значительно, что имѣвшійся первоначально въ расплавленной стали водородъ въ преобладающемъ количествѣ, подѣ конецъ плавки составляетъ лишь нѣсколько процентовъ всей массы газовъ, выдѣляющихся изъ остывающей стали. Источникомъ содержанія водорода въ расплавленной стали вѣроятно можно принять чугуна, который поглощаетъ въ расплавленномъ состояніи водородъ, образующійся отъ разложенія влажности воздуха, вдуваемого въ доменные печи.

Для выдѣленія окиси углерода слѣдуетъ признать самымъ подходящимъ средствомъ прибавленіе небольшихъ количествъ металлическаго алюминія въ изложницы тотчасъ послѣ отливанія стали. Водородъ, по мнѣнію Руфуса, поглощается расплавленной сталью, такъ что болванки, которыя стыли спокойно, представляются плотными внутри. Къ сожалѣнію не могу подтвердить этого, такъ какъ мнѣ часто приходилось видѣть разбитыя болванки кислой стали (около 0,3% C), которыя стыли совершенно ровно и помимо этого усадочная раковина въ нихъ доходила почти до половины длины; остается предположить, что водородъ не поглощается вполне остывающей сталью. Доказательствомъ этому можетъ служить слѣдующее: если спокойной, ровно застывающей стали не позволить нѣсколько минутъ затвердѣвать съ поверхности, перемишивая ее желѣзнымъ крючкомъ, то уровень ея въ изложницѣ понизится на нѣсколько дюймовъ, т. е. объемъ стали уменьшается отъ выдѣляющихся газовъ, а на поверхности жидкой стали собирается значительное количество шлака, имѣющаго маслянистый видъ и вполне отличающагося отъ шлака въ печи, или ковше. Вѣроятно шлакъ этотъ—продуктъ собиранія окисловъ примѣсей желѣза, которымъ, по мнѣнію Руфуса, помогаютъ всплывать на верхъ газы, выдѣляющіеся въ большомъ количествѣ при продолжительномъ перемишиваніи стали.

Когда будетъ найдено средство поглощенія водорода, раствореннаго въ жидкой стали, тогда плотность послѣдней будетъ обезпечена.

## ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ.

### Значительныя поврежденія набойки.

Какъ сказано выше, при продолжительномъ ходѣ плавки (холодная-ли она, или горячая) сильно повреждается набойка печи: чаще всего порогъ, притолки и откосы, рѣже задняя стѣнка и подъ. Поврежденныя мѣста стараются чѣмъ-нибудь заложить во время плавки и если это удастся, то въ поврежденномъ мѣстѣ застываетъ сталь. Если заложить ничѣмъ не удалось и плавка не ушла, то образуется болѣе, или менѣе значительная яма, которая послѣ выпуска остается наполненной сталью. Какъ застывшую, такъ и жидкую сталь удаляютъ изъ печи. Застывшую сталь иногда удается выломать при помощи желѣзныхъ ломовъ, но чаще ее приходится расплавить, для чего нагрѣваютъ печь и бросаютъ на застывшее мѣсто чугунъ, или куски зеркальнаго. Когда настылъ расплавится, жидкій металлъ удаляютъ изъ печи замѣшиваніемъ, какъ сказано выше.

Послѣ удаленія стали въ набойкѣ печи остаются болѣе или менѣе глубокія ямы, которыя поправляютъ доломитомъ въ нѣсколько приемовъ, приваривая каждый разъ доломить тонкимъ слоемъ.

При значительныхъ поврежденіяхъ набойки, прежде чѣмъ удалять сталь, приходится подогрѣть печь и выпустить шлакъ, а затѣмъ выслескать часть стали изъ ямы и снова подогрѣть печь. Всей стали сразу обыкновенно не удается удалить, потому что она стынетъ не только въ ямѣ, но и въ отверстіи. Полное удаленіе достижимо послѣ одного, или двухъ подогрѣвовъ печи. При задѣлываніи отверстія необходимо его тщательно прочистить и удалить всю сталь, потому что при нечистомъ отверстіи сталь въ немъ легко застываетъ во время выплескиванія. Если помимо предосторожностей сталь застыла въ отверстіи («замороженное отверстие»), то его приходится выламывать, причѣмъ для удаленія настыли вынимаютъ и часть мадеры, въ которой было сдѣлано отверстие, а послѣ окончанія выламыванія его снова набиваютъ по дереву, какъ было сказано выше (см. гл. I).

Въ старой печи отверстіе постепенно уменьшается отъ настыли въ нижней части его, которая увеличивается при холодныхъ плавкахъ, и простирается отъ наружнаго выхода отверстія до середины пода. Когда отверстіе съузится до того, что при выпускѣ сталь тихо идетъ по желобу, то его выламываютъ, независимо отъ разѣданія набойки печи, а затѣмъ

вновь набиваютъ. Чаще всего отверстіе приходится выламывать по простѣви 150—200 плавокъ, т. е. когда размѣры настѣли въ немъ увеличатся до того, что она доходитъ до магнезитовыхъ кирпичей пода и заходитъ въ промежутки между послѣдними. Пока печь въ ходу, такую настѣль можно удалить, не повредивъ пода, а при выламываніи ее въ холодномъ видѣ, во время ремонта, приходится вынимать вмѣстѣ съ нею и магнезитовые кирпичи. Если-же при ремонтѣ печи оставить такую настѣль нетронутой, то при подготовленіи печи для слѣдующей кампаніи, сталь можетъ выбрать магнезитовые кирпичи подъ отверстіемъ, которыхъ на ходу печи положить нельзя, и одна изъ слѣдующихъ плавокъ легко можетъ уйти черезъ то мѣсто, гдѣ нѣтъ магнезитовыхъ кирпичей. Иногда удается удалить настѣль послѣ нѣсколькихъ выпусковъ шлака и чугуна, который прибавляютъ въ печь при шлакованіи ея набойки; въ такомъ случаѣ нѣтъ нужды выламывать отверстіе, а только вновь набить ту часть его, гдѣ была настѣль.

Какъ сказано выше, очень глубокія ямы лучше всего поправлять мелко разбитымъ магнезитовымъ кирпичемъ, а въ случаѣ большихъ поперечныхъ размѣровъ ямы закладывать ее цѣлыми кирпичами, укладывая ихъ по возможности ближе другъ къ другу на широкую сторону. Магнезитовый кирпичъ въ томъ, или другомъ видѣ необходимо хорошенько приварить къ набойкѣ пода, но при нагрѣваніи печи для этой цѣли набойка ея переходитъ въ шлакъ, который стекаетъ въ яму и мѣшаетъ привариванію кирпича къ доломиту. Во избѣжаніе этого на края ямы насыпаютъ слой доломита высотой около дюйма, который не позволяетъ шлаку проникать къ яму, а когда кирпичъ приварится, доломитъ разравниваютъ, покрывъ предварительно магнезитовый кирпичъ тонкимъ слоемъ доломита, который привариваютъ и наводятъ послѣдовательно новые слои до тѣхъ поръ, пока исчезнетъ углубленіе пода въ томъ мѣстѣ, гдѣ была яма.

Въ случаѣ недостатка магнезитоваго кирпича, глубокія ямы поправляютъ смѣсью доломита, или хромистаго желѣзняка (мелко размолотаго) со смолою (такъ называемою «мадерою»). Смѣсь кладутъ въ низшую точку ямы, утрамбовываютъ ее, даютъ смолѣ выгорѣть, засыпаютъ поверхъ обожженнымъ доломитомъ и привариваютъ его.

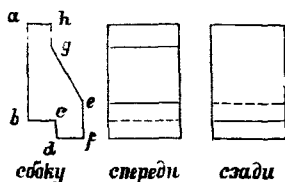
Откосы часто разъѣдаются шлакомъ, который поднимается выше доломитной набойки, когда ванна пѣнится, разъѣдаетъ кварцевый кирпичъ и вытекаетъ наружу печи въ холодильники. Хотя это не представляетъ опасности по отношенію къ уходу плавки, такъ какъ уровень стали расположенъ на 10—12 д. ниже этого мѣста, но разъѣданіе откосовъ влечетъ за собою паденіе столбовъ между каналами, что ускоряетъ ремонтъ печи; кромѣ того, шлакъ портитъ чугунныя доски холодильниковъ, которыя могутъ выстоять нѣсколько лѣтъ, не будучи разъѣденными. Про-

стѣйшее средство противъ разѣданія откосовъ состоитъ въ выкладываніи ихъ изъ магнезитоваго кирпича до начала газовыхъ каналовъ, столбы между каналами лучше дѣлать изъ кварцеваго кирпича, но необходимо отдѣлять слой магнезитоваго кирпича отъ кварцеваго какимъ нибудь нейтральнымъ тѣломъ, напр.: порошкомъ хромистаго желѣзняка, или химически чистой окисью магніи.

При сгребаніи шлака всегда вытекаетъ изъ печи и часть стали, которая понемногу разѣдаетъ чугунный порогъ печи, такъ что оный наконецъ распадается на двѣ части. Такой порогъ слѣдуетъ замѣнить новымъ, потому что при сгребаніи шлака сталь будетъ разѣдать арматуру печи и кирпичную кладку подъ набойкой. Перебѣну порога можно дѣлать на ходу печи, закрывъ только временно притокъ газа; конечно, лучше это дѣлать во время ремонта печи.

Такъ же точно на ходу печи перебѣняютъ маленькій желобъ, если

Чер. 107.



онъ поврежденъ, во время плавки. Для этой цѣли отвинчиваютъ, или обрубаютъ болты, прикрѣпляющіе маленькій желобъ къ выпускной рамѣ, вынимаютъ его, замѣняютъ новымъ и привинчиваютъ снова болтами.

Желобъ этотъ выкладываютъ огнеупорнымъ кирпичемъ, но иногда сталь проходитъ между кирпичами и приваривается къ нему. Необходимо за этимъ слѣдить и, въ случаѣ привариванія стали къ желобу, замѣнять послѣдній новымъ, такъ какъ горячая плавка легко разѣдаетъ настель, а за ней желобъ и можетъ уйти въ шлаковую коморку.

Крышки на окнахъ основныхъ печей перебѣняютъ точно такъ же, какъ и на кислыхъ. Крышка на среднемъ окнѣ основной печи прогораетъ гораздо быстрѣе, чѣмъ на кислой, потому что нижній, чугунный край крышки сгораетъ при сгребаніи шлака. Съ цѣлью предохранить нижній край крышки отъ дѣйствія шлака примѣняютъ особенный видъ кирпича (чер. 107). Сторона *ab* прилегаетъ къ чугунному тѣлу крышки, *bc*—лежитъ на нижнемъ краѣ *ea*, *cd*—закрываетъ этотъ край отъ дѣйствія жара, *feh*—сторона, обращенная къ плавильному пространству, *gh*—составляетъ одну плоскость съ остальными кирпичами крышки.

Маленькія крышки на боковыхъ окнахъ выстаиваютъ полъ года, а иногда и годъ.

## ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ.

## Ушедшая плавка.

Если въ какомъ нибудь мѣстѣ печи (за исключеніемъ пода) начинается сильное разѣданіе набойки (замѣтное по подъему стали въ видѣ фонтана), то слѣдуетъ поставить запоры въ ковшѣ и подвести его подъ желобъ, чтобы имѣть возможность тотчасъ же выпустить сталь, какъ только это окажется необходимымъ.

Чаще всего движеніе стали (обозначающее разѣданіе набойки) замѣчается около выпускнаго отверстія, такъ какъ это мѣсто направлено слабѣе другихъ (чтобы имѣть возможность пробить его).

Но это представляется самымъ благопріятнымъ случаемъ разѣданія набойки, такъ какъ достаточно поставить запоры въ ковшѣ и подвести его подъ желобъ; если сталь сама пойдетъ, то она попадетъ въ ковшъ, а ферромарганецъ можно бросить въ желобъ, во время теченія стали. Такъ что при разѣданіи отверстія слѣдуетъ заботиться главнымъ образомъ о быстромъ обезуглероживаніи стали, поставивъ предварительно ковшъ на мѣсто. Быстрое обезуглероживаніе достигается прибавленіемъ желѣзной руды, количество которой нужно соразмѣрять съ горячестью стали, такъ какъ избыткомъ руды легко застудить плавку.

При разѣданіи отверстія можно отчасти помочь дѣлу, если послѣднее съ наружной стороны печи заполнить глиною, утрамбовать ее, поверхъ заложить листкомъ, подпереть чѣмъ нибудь, такъ какъ сырая глина не въ состояніи выдержать напоръ стали.

Случается однако, что плавка уходитъ по одной изъ слѣдующихъ причинъ: сталь такъ быстро отобрала набойку, что не успѣли поставить запоры, какъ она уже потекла изъ печи.—случай сравнительно рѣдкій; отверстіе нельзя было пробить или потому, что ломы не проходили, или же—концы ихъ отрывались въ отверстіе, такъ что наконецъ сталь разѣбла набойку и ушла—случай болѣе частый, но легко устранимый тщательнымъ надзоромъ за задѣлываніемъ отверстія; наконецъ, бываетъ случай, что холодная сталь, непригодная для выпуска, разѣстъ набойку печи и уйдетъ, пока ее стараются подогрѣть. Послѣдній и первый случай обусловлены главнымъ образомъ тѣмъ, что печь стара, доломить въ ней плохо приваривается и легко разѣдается сталью.

Плавка можетъ пройти (при магнетитовомъ подѣ) только на переднюю, или заднюю часть печи. Если плавка уходитъ на переднюю площадку, то при этомъ является больше затрудненіи, нежели во второмъ случаѣ. Сталь при этомъ приваривается къ арматурѣ печи, разливается

по площадкѣ, на которой находятся рабочіе, мѣшая имъ работать, а иногда приближается къ газовымъ трубамъ, угрожая опасностью пожара.

Разливающимую по площадкѣ сталь слѣдуетъ задерживать, бросая на нее песокъ лопатками. Если стали не задерживать, то она заливаешь и завариваешь все, что находится на площадкѣ, какъ то: кочерги, ложки и прочіе инструменты, примѣняющіеся при работѣ, а иногда и навѣску, предназначенную для слѣдующей плавки, что въ особенности увеличиваетъ вѣсъ настыли, а потому затрудняетъ удаленіе ея.

Какъ только прекратится вытеканіе стали изъ печи, слѣдуетъ тотчасъ же приниматься за отрываніе настыли, что возможно только, пока сталь еще очень горяча и мягка. Если позволить стали остыть, то придется настыль обрубать зубилами, что представляетъ много затрудненія и стоитъ дорого. Прежде всего слѣдуетъ отрывать настыль отъ арматуры печи, къ которой она всегда приваривается, а если это удалось, сдвинуть ее съ мѣста и удалить. Отрывать настыль удобнѣе всего при помощи длиннаго рельса, на который дѣйствуетъ усиліе многихъ рабочихъ (человѣкъ 30—50).

Особенно опасно, если жидкая сталь подойдетъ къ газовымъ трубамъ; онѣ плавятся и происходитъ загораніе газа.

Если плавка ушла на выпускную сторону печи, то на разливающуюся сталь бросаютъ возможно больше земли, шлаку, песку и пр., чтобы сталь перемѣшалась съ ними, такъ какъ въ такомъ видѣ она легко распадается на части послѣ затвердѣванія. При этомъ слѣдуетъ не допускать привариванія стали къ желѣзнымъ частямъ, напр., къ балкамъ, на которыхъ построена площадка, или къ рельсамъ надъ литейной канавой, такъ какъ приварившуюся сталь нельзя оторвать, а приходится обрубать ее послѣ остыванія.

Какъ только прекратится вытеканіе стали изъ печи, тотчасъ же начинаютъ разрывать настыль на части при помощи подъемныхъ крановъ. Для этой цѣли зацѣпляютъ крюками цѣпи, подвѣшенной къ блоку подъемнаго крана, за какой-нибудь выступъ настыли и открываютъ часть ея, при подъемѣ блока, удаляютъ ее и отрываютъ другую часть и т. д., пока не удалитъ всей настыли. Иногда случается, что настыль очень толста (если значительная часть плавки собралось въ шлаковой коморкѣ), то ее сначала немного приподнимаютъ, окружаютъ длинною цѣпью и, при посредствѣ послѣдней, вынимаютъ всю настыль, дѣйствуя одновременно двумя кранами.

Если сталь не приварилась къ желѣзу и не совершенно остыла, то удаленіе ея при помощи крановъ почти всегда не представляетъ большихъ затрудненій.

Если сталь прошла на своды камеръ, то при незначительномъ коли-

чествѣ она не приноситъ никакого вреда, застывая тамъ быстро. Ее оставляютъ до ремонта пода, а разобравъ послѣдній, удаляютъ и настыль. Но при значительномъ количествѣ стали, прошедшей черезъ подъ (не магнетитовый), иногда случается, что она разѣстъ своды камеръ регенераторовъ и залѣетъ насадки. Въ этомъ случаѣ остается только гасить печь и ремонтировать ее.

Чаще всего сталь приваривается къ одному изъ рельсовъ, по которымъ движется телѣжка ковша. Этотъ рельсъ прежде всего вынимаютъ, оторвавъ вмѣстѣ съ нимъ и часть настыли. если возможно; обламываютъ сталь, выпрямляютъ рельсъ подъ прессомъ и ставятъ его на мѣсто. Если рельсъ очень заваренъ, такъ что его нельзя очистить, то необходимо тотчасъ же приготовить другой, такого же размѣра, чтобы ремонтъ литейной канавы успѣлъ раньше, чѣмъ слѣдующая плавка.

На стѣнкахъ камеръ регенераторовъ часто настываетъ сталь вмѣстѣ со шлакомъ, послѣдній легко отдѣляется, но сталь приходится обрубить, что дѣлаютъ во время ремонта печи, когда она остываетъ.

Если сталь ушла въ выпускное отверстіе, а ковшъ не былъ поставленъ на мѣсто, то по желобу она стекаетъ въ литейную канаву, заливая ее изложницы, поддонки, рельсы и т. п. Во избѣжаніе этого, пробиваютъ желобъ, когда сталь потечетъ по нему, и направляютъ ее въ шлаковую коморку. Желобъ пробиваютъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ онъ снабженъ отверстіемъ, закладываемымъ кирпичемъ. Положеніе отверстія всегда точно извѣстно, чтобы имѣть возможность своевременно пробить его.

Хотя на хорошо устроенномъ заводѣ уходъ плавки не долженъ имѣть мѣста, но не всѣ заводы настолько хорошо обставлены, чтобы на нихъ упущеній не было. Одной изъ слабыхъ сторонъ администраціи многихъ заводовъ слѣдуетъ считать погоню за грошевою экономіей при потерѣ цѣлыхъ тысячъ. Эта грошевая экономія, ради которой работаютъ заставляють на старой печи, чтобы еще хотя нѣсколько плавокъ сдѣлать до ремонта, чаще всего влечетъ за собою уходъ плавки, такъ какъ старая печь грѣетъ плохо, долomitъ въ ней приваривается несовершенно и плавка сидитъ долго, такъ что имѣются всѣ условія, благоприятствующія уходу плавки, что влечетъ за собою большія денежныя потери. Экономнѣе печь погасить раньше, сдѣлавъ на ней нѣсколькими плавками меньше, чѣмъ довести ее до того, чтобы плавка ушла.

## ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ.

### Проковка пробъ.

Отъ каждой плавки берутъ нѣсколько пробъ изъ-подъ ковша во время разливанія стали по изложницамъ. Обыкновенно довольствуются проковкой

Свинскій. Производство стали.



двухъ пробъ и только въ сомнительныхъ случаяхъ куютъ большее число ихъ, напр., если изъ двухъ прокованныхъ пробъ каждая показываетъ различную твердость стали.

Пробы основной стали, какъ и кислой, отковываютъ въ видѣ квадрата и лепешки. Пробы твердой стали (съ содержаніемъ углерода выше 0,17%) послѣ проковки медленно охлаждають, холодныя сгибають, ломають и по изгибу и количеству сыни судятъ о твердости стали.

Пробы мягкой основной стали (съ содержаніемъ углерода отъ 0,04—0,17%) до изгиба подвергаютъ закалкѣ. Съ этой цѣлью пробу погружаютъ въ холодную воду или прямо послѣ проковки, пока она еще свѣтлокраснаго цвѣта, или даютъ пробѣ остыть послѣ проковки, затѣмъ осторожно подогреваютъ ее до свѣтловишневаго цвѣта и опускають въ холодную воду. Первый способъ проще, но второй даетъ болѣе вѣрные результаты, хотя выполненіе его гораздо труднѣе. Для второго способа нужно имѣть въ распоряженіи подогревательную печь, такъ какъ при нагреваніи пробъ въ мартеновскихъ печахъ очень легко перегрѣть пробу, а показаніе такой пробы всегда невѣрно. Даже самый искусный рабочий не въ состояніи равномерно нагрѣть пробу въ мартеновской печи; или середина пробы останется холодной, или края перегрѣются и при изгибѣ лопнутъ, указывая такимъ образомъ на большую твердость стали, нежели она имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности. Между тѣмъ нѣкоторые заводы работаютъ безъ подогревательныхъ печей и поэтому часто случается путаница въ разныхъ сортахъ стали, опредѣленныхъ по пробамъ, прокованнымъ вышеописаннымъ способомъ.

Такъ какъ мягкая сталь закалки не принимаетъ, то пробы такой стали закалываютъ лишь только ради проверки ихъ мягкости. Проба мягкой стали, прокованная въ видѣ квадрата, закаленная и согнутая вплотную, не должна давать трещины на мѣстѣ изгиба. Проба, прокованная въ видѣ лепешки, гнется вдвое, или вчетверо съ трещиною, или безъ нея, смотря по твердости стали.

Вышеприведенное дѣленіе сортовъ стали на *M*, *2M* и *3M* по пробамъ выразится слѣдующимъ образомъ:

**Таблица XXIX.**

Твердость.	<i>C.</i>	<i>Mn.</i>	<i>P.</i>	П Р О Б А.
	%	%	%	
<i>M</i>	0,17	0,4	0,01—0,07	Вдвое съ трещиною.
<i>2 M</i>	0,09	0,33		Вчетверо съ малой трещиною.
<i>3 M</i>	0,05	0,15		безъ трещины.

Лепешку сгибають вчетверо слѣдующимъ образомъ: откованную въ видѣ блина пробу подгибають сначала ручнымъ молоткомъ, а потомъ паровымъ сгибають до тѣхъ поръ, пока внутреннія поверхности обѣихъ половинокъ пробы придуть въ соприкосновеніе въ согнутомъ мѣстѣ. Двойную пластинку еще разъ сгибають ручнымъ и паровымъ молотомъ, такъ что получаютъ пробу, состоящую изъ четырехъ пластинокъ.

По краямъ пробы можно судить о качествахъ стали: проба съ ровными краями указываетъ на пригодность стали для прокатки самыхъ трудныхъ профилей; разорванные края пробы служатъ несомнѣннымъ доказательствомъ, что сталь будетъ плохо кататься, или коваться. Проба съ разорванными краями получается, если сталь сильно росла, или садилась, если плавка была холодною, или, наконецъ, если она передержана въ печи. Во всѣхъ вышеуказанныхъ случаяхъ получается сталь мало пригодная для дальнѣйшей обработки, такъ какъ при прокаткѣ она даетъ много браку (иногда и до 30%).

Пробы стали, содержащей углерода болѣе 0,1%, часто покрываются побѣжальными цвѣтами (синимъ и желтымъ) при закалкѣ послѣ подогрѣванія ихъ. Цвѣта эти указываютъ на болѣе или менѣе значительную твердость стали, въ особенности желтый, при которомъ проба всегда даетъ значительную трещину при изгибѣ вдвое.

Можно также отличить сталь твердую (около 0,15%С) отъ мягкой (ниже 0,1%С), по литой, некованной пробѣ, обративъ вниманіе на верхнюю часть ея послѣ застыванія въ стаканчикѣ. Мягкая сталь послѣ остыванія обладаетъ болѣе или менѣе ровною поверхностью, на которой находится много мелкихъ пузырьковъ, образовавшихся отъ выдѣленія газовъ при остываніи пробы. Твердая сталь обладаетъ вогнутой или выпуклой поверхностью при полномъ почти отсутствіи вышеупомянутыхъ, мелкихъ пузырьковъ. Отличія эти ясно замѣтны только послѣ остыванія пробы; пока она еще свѣтлокраснаго цвѣта трудно опредѣлить присутствіе пузырьковъ.

Пробы, налитыя изъ ковша въ началѣ и концѣ разливанія, по изгибу не одинаковой твердости. Пробы, налитыя въ началѣ разливанія, гнутся нѣсколько труднѣе, чѣмъ налитыя подъ конецъ. Это объясняется температурою стали, при которой были налиты пробы. Подъ конецъ разливанія сталь холоднѣе, а такая сталь, какъ кислая, такъ и основная, по изгибу всегда мягче горячей стали, что, вѣроятно, зависитъ отъ меньшаго количества газовъ, растворенныхъ въ холодной стали.

Извѣстно, что марганецъ и кремній дѣйствуютъ на газы, растворенные въ стали, выдѣляя ихъ. Находясь въ стали во все время разливанія, элементы эти выдѣляютъ часть газовъ, отъ чего процентное ихъ содержаніе уменьшится подъ конецъ разливанія и сталь сдѣлается нѣсколько

мягче. Количество углерода, вѣроятно, остается одно и то-же при концѣ разливанія, какъ и при началѣ его.

Если проковать пробу недостаточно горячей, то поверхность ея покрывается слоемъ ржавчины, отъ чего проба кажется краснаго цвѣта; по изгибу она значительно тверже нормальной пробы, хотя изломъ ея волокнистый. Такую пробу называютъ «наклепанною» и не довѣряютъ ея показаніямъ. Чаще всего наклепанная проба бываетъ безъ марганца, до выпуска плавки; вмѣсто такой пробы слѣдуетъ отковать тотчасъ же другую. Если случится наклепанная проба съ марганцемъ (цвѣтъ ея слабо-красный), то не обращая вниманія на ея показанія, слѣдуетъ отковать другую и по послѣдней опредѣлить твердость стали. Пробы наклепываются если молотокъ работаетъ слишкомъ слабо.

Пробы основной стали не слѣдуетъ ковать тотчасъ же послѣ ихъ затвердѣванія, потому что середина еще слишкомъ мягка, хотя наружная поверхность уже потемнѣла и при ковкѣ проба рвется въ краяхъ, на поверхности ея образуются плены и даже сгибается она труднѣе обыкновеннаго. Лучше всего дать пробѣ остыть свободно на воздухѣ и затѣмъ подогрѣть ее до свѣтло-краснаго цвѣта дляковки. Если недостаетъ времени для медленнаго охлажденія пробы, то ее охлаждаютъ быстро, замочивъ въ водѣ, и затѣмъ нагрѣваютъ для проковки. Показанія такой пробы всегда ближе къ дѣйствительности, чѣмъ прокованной безъ подогрѣва.

Пробы твердой (спокойной) основной стали, такъ же точно, какъ и кислой, раздѣляются по изгибу на нѣсколько номеровъ. Но основная сталь, какъ болѣе чистая въ отношеніи фосфора, сѣры и кремнія, сгибается гораздо больше, чѣмъ кислая, при одинаковомъ съ послѣдней содержаніи углерода и марганца. Изломъ основной стали также отличается отъ излома кислой, въ немъ больше сыпи при одинаковомъ изгибѣ, что вполне согласуется съ содержаніемъ углерода.

**Таблица XXX.**

№ № твердости.	C.	Mn.	P.	Si.	S.
	%	%	%	%	%
1	0,18—0,25	0,6—1	0,03	0,02—слаб.	0,08—0,006
1½	0,25—0,35	0,7—1,2	0,03		
2	0,35—0,45	0,8—1,2	0,02		
2½	0,45—0,55	0,6—1	0,02		
3	0,55—0,65	0,4—0,8	0,01		
3½	0,60—0,75	0,3—0,6	0,01		

Въ виду этого въ вышеприведенной таблицѣ номера твердости по изгибу сохранены тѣ же, какъ и при кислой стали. но химическіе составы сильно разнятся между собою.

Для примѣра разнородности механическихъ свойствъ основной стали приведу данныя одного англичанина \*), посѣщавшаго заводы континента и признававшего эти данныя удовлетворительными. Испытанію подвергались три корабельныхъ листа состава: *C*—0,145%; *Mn*—0,6%; *P*—0,057—0,095%; *Si*—слѣды.

Таблица XXXI.

№	Мѣсто пробы.	Край листа.		СЕРЕДИНА ЛИСТА.			
		Продольн. проба.		Продольная проба.		Поперечн. проба.	
		Прочн. квл. на 1 кв. мм.	Удлинен. %.	Прочн. квл. на 1 кв. мм.	Удлинен. %.	Прочн. квл. на 1 кв. мм.	Удлинен. %.
1	Верхній конецъ.	41,58	24	40,64	5	29,5	32,3
1	Нижній „	41,58	23	44,89	19	28,4	36,2
2	Верхній конецъ.	49,45	21	49,77	20	48,19	22
2	Нижній „	48,98	21,5	49,45	21	49,45	21
3	Верхній конецъ.	49,61	22	48,35	23	48,35	23
3	Нижній „	49,93	23	49,93	23,5	49,93	22

## ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ.

## О стали для артиллерійскихъ снарядовъ.

Въ последнее пятилѣтіе наша артиллерія замѣнила большую часть чугунныхъ снарядовъ стальными. что вызвало развитіе на нашихъ заводахъ отдѣльной отрасли производства, а именно: штампованіе стальныхъ стакановъ для артиллерійскихъ снарядовъ различныхъ калибровъ. По инструкціи артиллерій для легкихъ баттарейныхъ шрапнелей и фугасныхъ бомбъ сталь должна удовлетворять слѣдующимъ техническимъ условіямъ: разрывающій грузъ—4000 атм. на кв. дюймъ = 42 квл. на кв. мил. при удлиненіи не меньше 20%; о предѣлѣ упругости ничего не говорится. При-

\*) Stahl und Eisen 1898 г. № 5.

нимая во вниманіе, что условія приѣма шрапнелей, по той же инструкціи, допускають расширеніе стального корпуса, послѣ выстрѣла нормальнымъ зарядомъ, не болѣе 0,02 дюйма = 0,5 мм., казалось бы болѣе подходящей пережѣна слова «не менѣе» — на «не болѣе 20%» при предѣлѣ упругости около 35 кил. на кв. м. При современномъ положеніи дѣла стальные заводы принуждены готовить стаканы изъ мягкой стали, съ удлиненіемъ выше 20%, а такъ какъ обыкновенная, мягкая основная сталь при 42 кил. на разрывъ даетъ до 30%, то въ результатъ получаются слишкомъ мягкіе стаканы, которые послѣ выстрѣла могутъ деформироваться значительно, чѣмъ позволяють требованія артиллерійской инструкціи. Въ моей практикѣ имѣлъ мѣсто слѣдующій случай: 5 шт. легкихъ шрапнелей испытывалось въ ямѣ разрывомъ; корпуса 4-хъ оказались почти безъ измѣненія послѣ взрыва, а пятый — по обѣмамъ расширился на нѣсколько сотыхъ дюймовъ, причемъ оказалось, странное на первый взглядъ, затягиваніе dna во внутрь корпуса, достигшее 0,2 д. Казалось — бы, что давленіе пороховыхъ газовъ внутри корпуса шрапнели скорѣе должно произвести выпячиваніе dna корпуса наружу, но на самомъ дѣлѣ, наблюдавшееся явленіе легко объяснимо, если принять во вниманіе, что толщина стѣнокъ корпуса — около 0,3 д., а толщина dna — 0,5 д. Моментальное дѣйствіе пороховыхъ газовъ отразилось на болѣе слабой части корпуса, расширивъ наружу его стѣнки, одновременно съ этимъ оторвалась головка шрапнели и въ слѣдующій затѣмъ моментъ пороховые газы вырвались изъ корпуса. Въ это время, какъ послѣдствіе расширенія стѣнокъ, произошло затягиваніе dna шрапнели во внутрь корпуса. Подобныя затягиванія, но маленькихъ размѣровъ (въ 0,01—0,02") случаются и при выстрѣлахъ шрапнелей изъ пушекъ.

Эти явленія зависятъ исключительно отъ слишкомъ малаго предѣла упругости, который является слѣдствіемъ вышеуказаннаго условія удлиненія: «не менѣе 20%».

Техническія условія стали для корпусовъ фугасныхъ бомбъ не указаны въ инструкціи; позднѣйшія разъясненія указали, что корпуса эти должны быть приготовляемы изъ такой же стали, какъ и легкія батарейныя шрапнели. Слѣдовательно и здѣсь должна быть примѣняема слишкомъ мягкая сталь, между тѣмъ какъ для столь крупнаго калибра, какъ 6-ти дюйм. бомбы, казалась бы болѣе подходящей сталь съ большимъ предѣломъ упругости, а слѣдовательно и съ большимъ сопротивленіемъ разрыву при меньшемъ удлинении. Изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что стальные заводы поставлены въ довольно затруднительное положеніе при одновременномъ выполненіи требованія печатной инструкціи и практической стрѣльбы. Не представляетъ ни какого затрудненія приготовленіе стали съ сопротивленіемъ разрыву въ 42 к. на кв. м. при удлинении 24—30%; этимъ усло-

вѣямъ отвѣчаетъ любая сталь твердостью М — 2 М., но гораздо труднѣе достигнуть, чтобы столь мягкая сталь не деформировалась послѣ выстрѣла, или взрыва пороха внутри шрапнели.

Одинъ изъ выходовъ изъ этого затруднительнаго положенія состоитъ въ приготовленіи болѣе твердой стали съ предѣломъ упругости около 35 к. на кв. м., а потому съ сопротивленіемъ разрыву около 50—55 к. и удлиненіемъ около 20%. Если бы артиллерійское вѣдомство нашло возможнымъ измѣнить свои условія въ вышеуказанномъ направленіи, то это повліяло бы на уменьшеніе столь высокой цѣны баттарейныхъ шрапнелей.

Прекрасныхъ результатовъ достигъ Александровскій Сталелитейный Заводъ въ С.-Петербургѣ, какъ въ отношеніи качествъ стали, примѣняемой для приготовленія корпусовъ шрапнелей и фугасныхъ бомбъ, такъ и въ отношеніи количества приготовленныхъ имъ за послѣдніе 3 года стакановъ, а именно: для мелкихъ шрапнелей около 150.000 шт. и для фугасныхъ бомбъ около 20.000 шт. До введенія штампованія стальныхъ стакановъ на Александровскомъ Сталелитейномъ Заводѣ въ С.-Петербургѣ, количество приготовляемыхъ въ Россіи стакановъ было незначительно, а часть ихъ изготовлялась за границею, только съ 1896 г. стаканы Александровскаго Завода вытѣснили за граничныя, нисколько не уступая послѣднимъ по качествамъ, и лишь немного—по точности размѣровъ. Такимъ образомъ Александровскій Заводъ первый ввелъ въ Россіи основное мартеновское производство и также точно первымъ ввелъ штампованіе стальныхъ стакановъ. Качества стали, примѣняемой имъ для этой цѣли, видны изъ приведенныхъ въ слѣдующей главѣ таблицъ; здѣсь упомяну только, что испытанія стальныхъ стакановъ для фугасныхъ бомбъ дали: 50 кил. на разрывъ при 30,8% удлин. (длина бр. 100 m/m). Результаты эти говорятъ сами за себя; благодаря имъ, въ настоящее время, почти все вышеуказанное громадное количество стальныхъ стакановъ, приготовленныхъ С.-Петербургскимъ Александровскимъ Сталелитейнымъ Заводомъ, уже принято Артиллерійскимъ Вѣдомствомъ.

## ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ.

### О испытаніи стальныхъ пробъ.

Качества стали принято опредѣлять по механическимъ испытаніямъ пробъ, поэтому скажу объ нихъ нѣсколько словъ. Пробы стали, подвергаемыя испытаніямъ имѣютъ видъ брусковъ двойной формы: плоской и круглой. Плоскіе бруски обыкновенно вырѣзываютъ изъ листовъ, во всю толщину послѣднихъ; они не даютъ точныхъ результатовъ, по причинѣ

трудно опредѣляемыхъ размѣровъ сѣченія бруска. Круглые, точеные бруски въ отношеніи точности размѣровъ не представляютъ желать лучшаго; необходимо однако, чтобы выточенный пробный брусокъ былъ отполированъ по всей измѣряемой длинѣ между мѣтками. Полированіе брусковъ иногда указываетъ на пороки пробы (въ формѣ пятенъ, неоднороднаго металла, или тончайшихъ трещинъ), а главнымъ образомъ служитъ для точнаго измѣренія діаметра бруска, которое при помощи штангельциркуля можетъ быть сдѣлано съ точностью до 0.005 дюйма. Для отмѣтокъ лучше концы пробы покрывать скоровысыхающей масляной краскою, или матовымъ лакомъ и такъ легко провести линейки по концамъ бруска, чтобы снять лишь слой краски не затрогивая металла. При испытаніи пробъ грузъ на разрывной машинѣ слѣдуетъ увеличивать постепенно и равномернo, выжидая каждый разъ 1—2 м.: если предѣлъ упругости еще не превзойденъ, а за послѣднимъ слѣдуетъ вполне убѣдиться, что проба перестала вытягиваться и только послѣ этого увеличивать снова грузъ. Діаметры пробъ дѣлаютъ различныя: 0,25—0,75 д. смотря по условіямъ, но это безразлично, такъ какъ регулируется вычисленіемъ. (См. въ концѣ главы — заключеніе Баушингера). Важнѣе длина пробнаго бруска.

Прежде ее дѣлали въ 200 мм. между значками, а теперь почти всѣ признають достаточной длину въ 100 мм. и къ ней относятъ все увеличеніе длины пробнаго бруска, выражая его въ процентахъ первоначальной длины. Правильнѣе принимать во вниманіе лишь ту часть пробы, которая подверглась растяженію и къ ней относить все удлиненіе, которое тогда получится, конечно, гораздо значительнѣе (см. въ концѣ главы). Измѣреніе удлиненія производятъ иногда послѣ разрыва пробы, что гораздо проще, но менѣе точно, чѣмъ измѣреніе длины въ моментъ разрыва. Послѣднее затруднительно и требуетъ нѣкотораго навыка.

Пробный брусокъ разрывается въ мѣстѣ самаго слабаго сѣченія. Почти всегда сталь по всей своей массѣ содержитъ микроскопическія пустоты (иногда въ формѣ свищей и волосовинъ замѣтныхъ простымъ глазомъ), которыя ослабляютъ поперечное сѣченіе бруска въ томъ мѣстѣ, гдѣ выступаютъ въ наибольшемъ количествѣ. Въ такомъ слабомъ мѣстѣ напряженіе по оси бруска превосходитъ предѣлъ упругости раньше, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ и вызываетъ первое растяженіе, а слѣдовательно и уменьшеніе поперечнаго сѣченія. Постепенно отъ дѣйствія растяженія въ этомъ мѣстѣ образуется шейка и наконецъ брусокъ рвется. Если сталь настолько не однородна, что содержитъ крупныя пустоты, включенія шлака, или другого посторонняго вещества (напр. ферромарганца и пр.), то поперечное сѣченіе бруска, ослабленное вышеуказаннымъ образомъ, обыкновенно представляетъ растяженію сопротивленіе меньше предѣла упругости и брусокъ рвется прежде, чѣмъ начнетъ растягиваться. Разо-

рваные такимъ образомъ бруски обыкновенно не имѣютъ сколько нибудь значительной шейки. Поэтому составилъ неправильный взглядъ на присутствіе шейки въ разорванномъ брускѣ, которая будто бы гарантируетъ сталь хорошихъ качествъ. При приѣмѣ стальныхъ издѣлій нѣкоторые приѣмщики прямо требуютъ ясно выраженной шейки, несмотря на то, что растяженіе однороднаго бруска, изъ плотной стали, можетъ происходить почти по всей длинѣ бруска и при разрывѣ послѣдняго шейка окажется мала, или вовсе не замѣтной.

Очень важно при испытаніи пробъ разрывомъ отмѣчать предѣлы упругости стали, который легко замѣтить, такъ какъ при немъ начинается значительное растяженіе испытываемаго бруска, обыкновенно въ одинъ, или нѣсколько милл. сразу. Незначительныя растяженія бруска (ниже 1 мил.) почти всегда имѣютъ мѣсто до предѣла упругости. Предѣлы упругости гораздо важнѣе, чѣмъ разрывающій грузъ, такъ какъ онъ вѣрнѣе даетъ указанія того груза, при которомъ стальное издѣленіе деформируется, или подвергается порчѣ. Особенно важенъ предѣлы упругости въ артиллерійскихъ снарядахъ, хотя и не повсемѣстно, но онъ уже вводится въ инструкціи на ряду съ сопротивленіемъ разрыву и вѣроятно въ будущемъ техническія условія будутъ упоминать только объ удлиненіи и предѣлѣ упругости, не заботясь о разрывающемъ грузѣ, какъ не представляющемъ значенія.

Нельзя не согласиться съ мнѣніемъ проф. Гоппе\*) изъ Кляустила, который говоритъ, что если стальные и желѣзные издѣлія даннаго предѣла упругости, прочности и тягучести при своемъ употребленіи никогда не будутъ подвергаться усиліямъ, превосходящимъ предѣлы ихъ упругости, то строеніе ихъ останется безъ измѣненія и они при соответственномъ уходѣ и сбереженіи могутъ служить неограниченное время, т. е. металлъ останется такимъ, какимъ былъ.

Въ нижеприведенныхъ таблицахъ (XXXII и XXXIII) собраны результаты испытаній стальныхъ брусковъ, изъ стальныхъ для легкихъ батарейныхъ шрапнелей и фугасныхъ бомбъ, приготовленныхъ на Александровскомъ Сталелитейномъ Заводѣ въ С.-Петербургѣ. При испытаніяхъ отмѣчалась длина бруска, каждый разъ послѣ увеличенія разрывающаго груза, съ цѣлью точнаго опредѣленія предѣла упругости и различныхъ моментовъ удлиненія.

Разрывающій грузъ былъ прибавляемъ на машину по 500 ф. а подъ конецъ испытанія по 250 ф. Записанный при каждомъ увеличеніи грузъ былъ перечисленъ въ килогр. на 1 кв. мм. сѣченія бруска и помещенъ въ I-ыхъ графахъ обѣихъ таблицъ.

\*) Stahl und Eisen 1896 г. 500 стр.



Каждыя двѣ слѣдующія графы составляютъ отдѣльное испытаніе, въ одной изъ нихъ помѣщена абсолютная длина бруска, соответствовавшая каждому измѣненію груза, а въ слѣдующей—полученное при этомъ удлиненіе, отнесенное къ длинѣ бруска въ 100 мм. и выраженное поэтому въ процентахъ. Изъ таблицы XXXII-й видно, что предѣлъ упругости колеблется отъ 0,63 до 0,82 разрывающаго груза (въ среднемъ около  $\frac{3}{4}$ ), а изъ таблицы XXXIII отъ 0,65 до 0,85 раз. гр. (въ сред.  $\frac{3}{4}$ ).

Предѣлъ упругости каждаго испытанія обозначенъ жирнымъ шрифтомъ. Обыкновенно принимаютъ предѣлъ упругости нѣсколько большимъ, чѣмъ половина сопротивленія разрыву и въ рѣдкихъ случаяхъ онъ доходитъ до  $\frac{2}{3}$  раз. гр., указывая на прекрасныя свойства стали. Вышеприведенныя испытанія даютъ предѣлъ упругости стали около  $\frac{3}{4}$  раз. гр., что на ряду съ большимъ сопротивленіемъ разрыву и удлиненіемъ говорить достаточно краснорѣчиво въ пользу качествъ стали. Особенно выдающіяся испытанія: №№ I и VIII таблицы XXXII и №№ II-ой и III-ей таблицы XXXIII. Высокія качества этой стали слѣдуетъ отчасти приписать способу обработки, такъ какъ она вся была прессована. Катанная и кованная сталь не можетъ дать столь высокихъ результатовъ испытаній. Фактъ этотъ составляетъ одно изъ доказательствъ въ пользу прессованія стали.

Относительно вліянія формы пробъ на ихъ прочность пр. Баушингеръ \*) дѣлалъ тщательныя изслѣдованія и пришелъ къ заключенію, что поперечные размѣры пробъ вліяютъ, хотя и незначительно, на упругость и вовсе не вліяютъ на прочность стали. По его мнѣнію нельзя вывести правильнаго заключенія относительно вліянія сѣченія пробы на предѣлъ упругости и разрывъ, потому что здѣсь слишкомъ велико вліяніе разнородныхъ качествъ матеріала. Относительно сжатія (уменьшенія сѣченія) при разрывѣ Баушингера выводитъ заключеніе, что при цилиндрическихъ пробахъ съ уменьшеніемъ диаметра увеличивается сжатіе, а при призматическихъ—ни величина, ни форма сѣченія не вліяютъ на сжатіе. Мѣсто разрыва—въ серединѣ или концѣ бруска, не оказываетъ вліянія на сжатіе. Какъ призматическіе, такъ и цилиндрическіе пробныя бруски даютъ равное удлиненіе при одинаковомъ сѣченіи; мѣсто разрыва не оказываетъ вліянія на удлиненіе; длина бруска оказываетъ незначительное и переменное вліяніе на удлиненіе, которое значительно увеличивается съ увеличеніемъ сѣченія бруска.

Сравнивая графически среднія числа для удлиненія при 200 мм. и 100 мм. длины, Баушингеръ нашелъ, что отношеніе между величиною поперечнаго сѣченія  $F$  и удлиненіемъ, при разрывающемъ грузѣ  $\delta$ , выражается уравненіемъ:  $\delta = \lambda + K \sqrt{F}$  (I), гдѣ  $\lambda$  и  $K$  коэффициенты, зави-

\*) Stahl und Eisen. 1892 г. 776 стр. и Горный Журналъ 1894 г. II т. 379 стр.



сяще отъ свойства материала и выражающіе удлиненіе въ процентахъ. Дальше  $\Delta a = \lambda a + \Delta e - (\Pi)$ , гдѣ  $\Delta a$  — общее удлиненіе бруска длиною  $a$ ,  $\lambda a$  — пропорциональное и  $\Delta e$  — мѣстное удлиненіе, въ области сжатія при разрывѣ. Если длина двухъ брусковъ  $a$  и  $b$ , а ихъ поперечныя сѣче-

Таблица XXXIII.

Стальные стаканы для фугасныхъ бомбъ Александр. Сталелитейнаго Завода въ С.-Петербургѣ.

№	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.	
	Соотвѣств. нагрузка.	Уд. въ % при 100 мм. въ мм.	Соотвѣств. нагрузка.	Уд. въ % при 100 мм. въ мм.	Соотвѣств. нагрузка.	Уд. въ % при 100 мм. въ мм.	Соотвѣств. нагрузка.	Уд. въ % при 100 мм. въ мм.	Соотвѣств. нагрузка.	Уд. въ % при 100 мм. въ мм.	Соотвѣств. нагрузка.	Уд. въ % при 100 мм. въ мм.
3,42	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0
6,85	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0
9,27	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0	0	75,0
13,70	0	75,0	0	75,25	0,33	75,25	0,33	75,50	0,66	75,0	0	75,0
17,12	0,53	75,40	0,33	75,25	0,33	75,25	0,33	75,50	0,66	75,0	0	75,0
20,54	0,53	75,40	0,40	75,30	0,33	75,25	0,33	75,50	0,66	75,35	0,47	75,40
23,96	0,53	75,40	0,40	75,30	0,33	75,25	0,33	75,50	0,66	75,35	0,47	75,40
27,39	0,53	75,40	0,73	75,55	0,53	75,40	0,53	75,50	0,66	75,35	0,47	75,55
30,82	0,53	75,40	0,73	75,55	0,53	75,40	0,53	75,50	0,66	75,35	0,47	75,70
34,24	0,53	75,40	0,93	75,70	0,53	75,40	0,53	75,50	0,66	75,35	0,47	75,70
37,66	0,88	75,65	3,27	77,45	1,06	75,80	1,06	75,50	0,66	75,85	1,12	75,70
41,08	1,20	75,90	3,86	77,90	1,06	75,80	1,06	75,90	1,20	75,85	1,12	75,90
44,50	1,20	75,90	4,73	78,55	1,06	75,80	1,06	78,20	1,20	75,85	1,12	75,90
47,92	8,53	77,65	5,28	78,95	3,72	77,80	3,72	79,10	4,26	75,85	1,12	75,90
51,84	4,53	78,40	7,33	80,50	4,73	78,55	4,73	79,95	5,46	77,90	3,86	78,30
53,06	5,46	79,10	8,66	81,5	6,47	79,85	6,47	82,45	6,60	78,65	4,86	79,20
54,78	7,63	80,75	8,66	83,60	9,80	82,35	9,80	85,60	9,93	79,30	5,73	80,10
56,50	20,20	90,15	11,46	89,60	18,12	88,60	18,12	89,35	14,14	80,45	7,26	82,70
58,22			17,52	91,80	21,30	90,92	21,30		19,12	88,60	11,44	90,33
			22,40							90,63	20,85	

нія  $F$  и  $F_1$ , то  $a : b = \sqrt{F} : \sqrt{F_1}$ ; отсюда слѣдуетъ, что пробные бруски изъ одинаковаго материала, произвольной формы и величины сѣченія, даютъ сравнимые результаты удлиненія при разрывѣ, если длина ихъ

пропорціональна квадратнымъ корнямъ изъ величины поперечнаго сѣченія.

Отсюда Баушингеръ выводитъ заключеніе, что слѣдуетъ придавать такую длину пробнымъ брускамъ, чтобы удлиненіе послѣ разрыва измѣнялось квадратнымъ корнемъ изъ величины поперечнаго сѣченія, пропорціональнаго длинѣ. Длину цилиндрическихъ и призматическихъ пробъ можно вычислить по формуламъ:  $11,284 \sqrt{F}$  и  $8,463 \sqrt{F}$ , гдѣ  $F$  поперечное сѣченіе бруска. Вычисленіе это производится изъ отношенія  $a : b = \sqrt{F} : \sqrt{F_1}$ , вставляя вмѣсто  $b$  и  $F$  длину пробы въ 200 мм. или 100 мм., при діаметрѣ въ 20 мм.

Приведу данныя Вебстера, о которыхъ говоритъ Ледебуръ \*), относительно вліянія примѣсей стали на ея прочность. На основаніи многочисленныхъ испытаній стали различнаго химическаго состава Вебстеръ вывелъ прочность *чистаго желѣза* въ 24,43 кил. на 1 кв. мм. (34750 ф. на 1 кв. д.). Дальше онъ говоритъ, что увеличеніе содержанія въ стали углерода на каждую 0,01% вызываетъ приростаніе прочности на 0,56 кил. на 1 кв. мм. (800 ф. на кв. д.).

0,01% сѣры увеличиваетъ прочность на 0,35 кил.

Вліяніе фосфора было различно, смотря по содержанію углерода въ стали, а именно:

При содержаніи углерода 0,01%  $P$  вызыв. увелич. прочн. въ килог.:  
 въ 0,09—0,10—0,11—0,12—0,13—0,14—0,15—0,16—0,17  
 0,63—0,70—0,77—0,84—0,95—1,02—1,05—1,05 1,05.

Изъ вышеприведенныхъ чиселъ видно, что фосфоръ дѣйствуетъ сильнѣе углерода. При 0,17%  $C$  увеличеніе прочности отъ фосфора въ 1 $\frac{1}{2}$ -раза больше, чѣмъ отъ углерода.

Вліяніе марганца на увеличеніе прочности оказалось тѣмъ больше, чѣмъ меньше марганца было въ стали, какъ видно изъ ниже приведенной таблицы.

Изъ вышеприведенныхъ данныхъ видно, что можно вычислить прочность стали по химическому составу, прибавляя къ прочности углерода (24,43) соответственныя увеличенія прочности отъ содержанія каждаго элемента въ стали.

Однимъ изъ самыхъ значительныхъ потребителей стали являются наши желѣзныя дороги, поэтому приведу краткое извлеченіе изъ техническихъ условій \*) на желѣзнодорожныя принадлежности, обязательныхъ для заводовъ съ 1 января 1898 г.

\*) Stahl und Eisen. 1894 г. 61 стр. и Горный Журналъ 1894 г. II т. 368 стр.

\*) Извѣстія Общ. Горныхъ Инженеровъ. № 8 за 1897 г., стр. 49—128.

Таблица XXXIV.

Увеличеніе содерж. Mn въ %.	Возр. прочности въ кв. на кв. мм.	Общ. возрост. проч- ности отъ всего со- держ. матер. въ кв. мм.
Отъ 0,00 до 0,15	2,53	2,53
» 0,15 " 0,20	0,84	3,37
» 0,20 " 0,25	0,77	4,14
» 0,25 " 0,30	0,70	4,84
» 0,30 " 0,35	0,63	5,47
» 0,35 " 0,40	0,56	6,03
» 0,40 " 0,45	0,49	6,52
» 0,45 " 0,50	0,42	6,94
» 0,50 " 0,55	0,35	7,29
» 0,55 " 0,60	0,35	7,64
» 0,60 " 0,65	0,35	7,99

Размѣры *крутиль* разрывныхъ брусковъ:

Части пробнаго бруска:	Размѣры въ миллиметрахъ.
Диаметръ бруска . . . . .	$d = 10 \quad 15 \quad 20 \quad 25$
» широкаго основанія . . . . .	$d_1 = 13 \quad 18 \quad 24 \quad 28$
» головки . . . . .	$d_2 = 20 \quad 26 \quad 32 \quad 40$
Длина конической шейки . . . . .	$L_1 = 25 \quad 25 \quad 25 \quad 25$
» головки . . . . .	$L_2 = 10 \quad 15 \quad 20 \quad 24$
» цилиндрической ч. бруска . . . . .	$L^1 = 220 \quad 220 \quad 220 \quad 220$
Полная длина пробн. бруска . . . . .	$L = 290 \quad 300 \quad 310 \quad 320$

*Плоскіе* бруски. Поперечное сѣченіе нормального плоскаго бруска принимается  $a \times b = 10 \times 30$  мм.

Для листовъ: ширина = 30 мм., а толщина = толщинѣ листа. При листахъ и полосахъ толще 25 мм. можно примѣнять точеные бруски. Относительное удлиненіе пробнаго бруска послѣ разрыва, опредѣляется въ процентахъ отъ расчетной длины  $L$ , которая считается въ 200 мм., но берется не между кернами, а между дѣленіями, взятыми въ равномъ разстояніи по обѣ стороны отъ мѣста разрыва.

Высчитываютъ удлиненіе отъ мѣста разрыва въ сторону большей части пробнаго бруска, причѣмъ: а) если разрывъ произошелъ по одному изъ дѣленій (равныхъ 10 мм.), то абсолютное удлиненіе на всю расчетную длину въ 200 мм. равно удвоенному увеличенію длины бруска на десяти промежуткахъ, считая отъ дѣленія, по которому произошелъ разрывъ, въ сторону большей части разорваннаго образца; б) если же разрывъ произошелъ между дѣленіями, нпр. 7 и 8, то для полученія абсолютнаго удлиненія измѣряются послѣ разрыва:

- Длина промежутка, гдѣ произошелъ разрывъ (7—8)  
 » сосѣднихъ девяти промежутковъ . . (8—17)  
 » » десяти » . . (8—18)

Сумма этихъ трехъ длинъ за вычетомъ 200 даетъ абсолютное удлинение бруска на длину въ 200 мм.

Одновременно съ удлиненіемъ опредѣляется относительное сжатіе сѣченія разрыва, выраженное въ процентахъ первоначальнаго сѣченія, а именно:  $C = \left(\frac{U_0 - U}{U_0}\right) 100$ ; гдѣ  $U_0$  и  $U$  площади сѣченія до и послѣ разрыва въ кв. м.

Т а б л и ц а XXXV.

Данные техническихъ условій на желѣзнодорожныя принадлежности обязательная съ 1-го января 1898 г.

НАЗВАНІЕ		Вдоль		Поперекъ.		Суммы цифръ сопротивленія и двойнаго удл.
		Спротив. разрыв. к. на кв. мм.	Удлинен. въ % дл.	Спротив. разрыву к. на кв. мм.	Удлиненіе въ %.	
Части паровозовъ и вагоновъ	Котельные листы св. желѣза. . . . .	34	15	30	8	—
	» » стальныхъ . . . . .	33—40	25	—	—	—
	Свароч. жел. для заклепокъ . . . . .	36	20	—	—	—
	Сталь » » . . . . .	36—40	25	—	—	90
	Поршневые скалки стальныхъ . . . . .	55	18	—	—	—
	» параллели ков. или литыя . . . . .	60	10	—	—	—
	Паровозныя рамы желѣзныя. . . . .	32	—	30	8	80 изгибъ до 180° б. грещ.
	» » стальныхъ . . . . .	32—42	20	—	—	—
	Тяговой приборъ и цѣпи . . . . .	36—42	25	—	—	90
	Рессорная сталь . . . . .	70	8	—	—	90
Части мостовъ и путей	Няльцы кривошиповъ . . . . .	60	12	—	—	85
	Ширина паровозовъ . . . . .	70	8	—	—	90
	» вагоновъ . . . . .	65	8	—	Химич. сост.	—
	Оси . . . . .	50—60	15	—	$P \leq 0,15\%$	90
	Рельсы . . . . .	65	6	—	$\left\{ \begin{array}{l} C > 0,4 \\ P < 0,1 \\ S < 0,1 \end{array} \right.$ »	90
	Накладки . . . . .	42	—	—	»	82
	Подкладки . . . . .	35—45	20	—	»	75
	Стальные заклепки . . . . .	31—40	25	—	»	85
	Чугунъ для опорныхъ частей мостовъ . . . . .	10	—	—	—	90
	Свароч. жел. для мостовъ . . . . .	34	12	28	2 1/2 и 3	—
Мосты	» » заклепокъ . . . . .	36	18	—	—	—
	Сталь кованная для опорн. ч. . . . .	50—60	12	—	—	—
	» литая » » . . . . .	45	8	—	—	—
	Сертовая полосовая сталь . . . . .	31—33	16—20	—	—	66—76
	» » желѣзо . . . . .	32—34	10—12	—	—	—
» » » . . . . .	34—36	14—18	—	—	—	

## ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ.

## Шихта.

Шихта зависитъ главнымъ образомъ отъ мѣстныхъ цѣнъ на чугуны и желѣзо. Такъ, напримѣръ, въ большихъ городахъ желѣзо дешево, а въ заводскихъ мѣстностяхъ его нельзя приобрести и по очень высокимъ цѣнамъ, между тѣмъ какъ цѣны чугуна находятся въ обратномъ отношеніи: въ большихъ городахъ онъ дороже, чѣмъ на мѣстѣ производства. Поэтому въ большихъ городахъ примѣняютъ шихты съ 50—80% желѣза и 20—50% чугуна, а въ заводскихъ мѣстностяхъ 20—40% желѣза и 60—80% чугуна.

Въ Англии въ 1892 г. по Пурселю примѣняли для основныхъ печей шихту изъ 75% чугуна и 25% желѣзной лопы, причемъ чугуны примѣнялись бѣлый, лучистаго строенія съ содержаніемъ Si не выше 0,5%; S около 0,05%, P—3% и болѣе и около 2% Mn. Желѣзная лопы не содержала фосфора, но 0,1—0,3% S. На нейтральныхъ, хромистахъ печахъ, примѣнялась шихта изъ 1/2 желѣзной лопы и 1/2 чугуна, состава: 1,8—2% Si; 1,2% P. и 2% Mn съ прибавленіемъ извести въ 30% вѣса чугуна и 15—20% различной руды.

Вотъ шихты, примѣняемыя на нѣкоторыхъ нашихъ заводахъ въ 1892 г.:

Чугуна. Желѣза.

Въ Петербургѣ:

На Путиловскомъ заводѣ . . . . .	40—50%	50—50%
» Александровскомъ заводѣ . . . . .	46%	54%

Въ Москвѣ:

На заводѣ Гужона . . . . .	10—20%	80—90%
----------------------------	--------	--------

На Уралѣ:

Добрянскій заводъ . . . . .	60%	40% (Криць-Гусгавеля).
-----------------------------	-----	------------------------

Въ Царствѣ Польскомъ:

Гута-Банкова въ Домбровѣ . . . . .	80—90%	10—20% (съ рудой).
Заводъ въ Островцѣ . . . . .	70—90%	10—39% »

Всѣ эти шихты обуславливаются мѣстными цѣнами, но при этомъ необходимо руководствоваться и ходомъ печи. При горячемъ ходѣ печи лучше примѣнять болѣе мягкую шихту (т. е. съ меньшимъ процентнымъ содержаніемъ чугуна), а если это невыполнимо, то прибавляютъ руду въ завалку отъ 3 до 12%, которая дѣйствуетъ окислительно уже во время плавленія, а потому содѣйствуетъ болѣе полному выдѣленію фосфора, кремнія, а главнымъ образомъ {углерода, сокращая такимъ образомъ продолжительность плавки. При шихтѣ, богатой желѣзомъ (50%), коли-

чество прибавляемой руды слѣдуетъ ограничивать (отъ 3 до 6%), но при большомъ количествѣ чугуна (80%) руды прибавляютъ 8—15%. Въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ работаютъ на одномъ чугунѣ; тогда количество прибавляемой руды легко вычислить по химическому составу чугуна, принимая для запаса, что только одинъ пай кислорода окиси желѣза расходуется на окисленіе примѣсей чугуна, а восстанавливающаяся при этомъ закись желѣза вся переходитъ въ шлакъ, 1 пай углерода требуетъ для сгорания въ окись углерода одного пая кислорода, который выдѣлился одной частицею руды ( $Fe_2 O_3$ ), атомный вѣсъ послѣдней равенъ  $2.55,88 + 3.15,96 = 111,76 + 47,88 = 159,64$ . Слѣдовательно, 1 пай углерода, атомный вѣсъ котораго равенъ 11,97, требуетъ 159,64  $Fe_2 O_3$ , то:

1	вѣсовая часть углерода требуетъ	$\frac{159,64}{11,97}$	в. ед. руды =	13,3366	в. ед.
1	»	$\frac{159,64}{55,8}$	»	»	» = 2,8609
1	»	$\frac{2.159,64}{28,332}$	»	»	» = 11,2621
1	»	$\frac{5.159,64}{2.30,96}$	»	»	» = 12,8908
1	»	$\frac{2.159,64}{31,98}$	»	»	» = 9,9836

Положимъ, что работаютъ на одномъ бѣломъ чугунѣ, состава:  $C-3\%$ ;  $Mn-0,5\%$ ;  $Si-0,5\%$ ;  $P-1,5\%$  и  $S-0,15\%$ ; то для полного окисленія составныхъ частей его рудю, послѣдней пришлось бы прибавить:

Для выдѣленія	3%	углерода	. . .	13,3366	× 3	= 40,0048 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
»	»	0,5	» марганца	. . .	2,8609	× 0,5 = 1,4305
»	»	0,5	» кремнія	. . .	11,2621	× 0,5 = 5,6310
»	»	1,5	» фосфора	. . .	12,8908	× 1,5 = 19,3366
»	»	0,15%	» сѣры	. . .	9,9836	× 0,15 = 1,4975

Всего . . 65,9050<sup>0</sup>/<sub>0</sub> руды.

Вычисленное количество руды не составляетъ необходимости, такъ какъ всѣ примѣси чугуна могутъ быть окисляемы шлакомъ, хотя и медленно чѣмъ рудю. Въ дѣйствительности количество прибавляемой руды рѣдко достигаетъ половины вышеуказаннаго, такъ какъ на восстановление руды расходуется значительное количество теплоты, какъ видно изъ нижеприведеннаго расчета Шмидгаммера.

Положимъ, что руда содержитъ 90%  $Fe_2 O_3$ , то для восстановления всего количества желѣза необходимо  $1887 \times 0,9 = 1698$  ед. т. Кроме того 1 к. руды содержитъ 0,1 к. примѣсей, въ числѣ которыхъ находится 0,06 к.  $SiO_2$ ; послѣдняя по Дюрре, требуетъ для оплакованія  $0,06 \times 4 = 0,24$  к. окиси кальція, слѣд. каждый кил. руды даетъ 0,34 к. шлака. На расплавленіе 1 кил. шлака идетъ 440 ед. т., то на 0,34 к. необо-



димо 150 ед. т. Принимая температуру ванны, до которой должна нагрѣться руда въ  $1400^{\circ}$ , получимъ  $0,16 \times 1 \times 1400 = 224$  ед. т. Отсюда общее количество теплоты, необходимое на каждый кил. руды  $1698 + 150 + 224 = 2072$  ед. т. При плавкѣ въ 10 т. (около 630 пуд.) и 20% прибавляемой руды количество послѣдней составитъ 2000 кил. и потребуетъ 4144000 ед. т., причѣмъ не принято во вниманіе количество теплоты идущее на образованіе шлака. По даннымъ Шмидгаммера и Юптнера въ мартеновскихъ печахъ утилизируется около 20% теплопроизводительной способности угля, а при генераторахъ новѣйшей конструкціи около 25%; теоретическая теплопр. спос. угля составляетъ 6000 ед., то дѣйствительная  $= 6000 \times 0,25 = 1500$  ед. т. Поэтому для полученія вышеуказаннаго количества теплоты необходимо  $\frac{4144000}{1500} = 2763$  кил. угля  $= 174$  пуд., что составитъ перерасходъ на 1 пуд. стали около 0,3 пуда угля. Но такъ какъ около половины желѣза, прибавляемаго въ видѣ руды переходить въ ванну возстановленнымъ, то можно принять вѣсъ отлитой стали около 660 пуд. (въ дѣйствительности меньше), то вышеуказанный перерасходъ угля на 1 т. полученной стали  $= \frac{174}{660} = 0,21$  пуда.

Но и эта цифра слишкомъ высока; она составляетъ около  $\frac{2}{3}$  норм. расхода угля на 1 п. стали и прямо указываетъ на несоответственность прибавленія столь большаго количества руды (20%) въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ уголь дорогъ. Напротивъ, гдѣ уголь дешевъ, тамъ выгодно сокращать время плавки прибавленіемъ значительнаго количества руды. Напр. въ Англии стоимость угля на 1 п. стали составляла въ 1892 г. 3,2 к., а въ то-же время въ Петербургѣ стоимость эта была около 9 к. на 1 п. стали.

При холодномъ ходѣ печи слѣдуетъ примѣнять шихту богатую чугуномъ (60—80%) и избѣгать прибавленіе руды въ завалку, потому что въ холодной печи періодъ плавленія продолжительный, сильно содѣйствующій окисленію примѣсей чугуна, отъ чего зависитъ непродолжительное кипѣніе, а прибавленіе руды еще болѣе сокращаетъ послѣднее, такъ что сталь не успѣваетъ нагрѣться до температуры, необходимой для ея разливанія.

Для выдѣленія фосфора въ шихту прибавляютъ необходимое количество необожженнаго известняка. Для этой цѣли лучше всего примѣнять известковый туфъ (какъ напр. на Добрянскомъ заводѣ), который по своей пористости легко проникаемъ для печныхъ газовъ, быстро обжигается и полнѣе переходитъ въ шлакъ. Хороши также мягкія разновидности известняка, близкія къ мѣлу (отличительный признакъ ихъ — мараютъ пальцы), но онѣ сравнительно рѣдки. Хуже другихъ — плотные известняки, чаще всего доставляемые въ видѣ крупныхъ кусковъ (свыше двухъ пудовъ вѣсомъ). Хотя по химическому составу они могутъ быть очень чисты (осо-

бенно разновидности мрамора), но недостаток их тот, что они трудно шлакуются. Для болѣе успѣшнаго шлакованія такіе известняки приходится разбивать на мелкіе куски (величиною приблизительно въ кулакъ; въ Англии разбиваютъ въ орѣхъ). Если завалить плотный известникъ въ видѣ крупныхъ кусковъ, то послѣдніе не расходятся въ печи даже ко времени сгребанія шлака и вмѣстѣ съ послѣднимъ попадаютъ въ отвалъ. При разбиваніи такихъ кусковъ, середина ихъ оказывается чисто бѣлаго цвѣта, она состоитъ изъ обожженной извести, не принявшей участія въ реакціи и слѣдовательно израсходованной воицнѣ непродуктивно.

Такъ какъ главная составная часть основнаго шлака состоитъ изъ кремнекислаго кальція ( $Ca_4 SiO_6$ ) и фосфорнокислаго кальція ( $Ca_4 P_2O_9$ )\*, то количество извести, которое слѣдуетъ прибавлять въ шихту, опредѣлится изъ нижеприведеннаго расчета.

При расчетѣ примемъ слѣдующій составъ известняка, какъ воицнѣ соответствующій цѣли дефосфоризаціи:

Кремнезема . . . . .	1,5%
Окиси желѣза и алюминія . . .	1,5 »
Окиси кальція . . . . .	50,0 »
Окиси магнезіи . . . . .	2,5 »
Углекислоты . . . . .	42,0 »
Воды . . . . .	2,5 »

Сумму окиси желѣза и алюминія въ известнякѣ для простоты примемъ за одну окись желѣза, которая шлакуется насчетъ имѣющейся здѣсь же кремневой кислоты. Въ шлакѣ находится кремнекислая закись желѣза, близкая къ формулѣ  $Fe_4 SiO_6$ , такъ что 4 пая закиси желѣза отвѣчаютъ одному пая кремневой кислоты или  $4 FeO = 287,36$  соответствующую  $SiO_2 = 60,25$ , то 1 ч.  $FeO = \frac{60,25}{287,36}$  ч.  $SiO_2 = 0,2096$  ч.  $SiO_2$ , а такъ какъ 1 ч.  $Fe_2 O_3$  при переходѣ въ  $FeO$  теряетъ 10% своего вѣса, то заключающіеся въ известнякѣ 1,5%  $Fe_2 O_3$  перейдутъ въ 1,35%  $FeO$ , которая насытитъ  $1,35 \times 0,2096$  ч.  $SiO_2 = 0,28296$  ч.  $SiO_2$ , слѣдовательно ненасыщенной кремневой кислоты въ известнякѣ останется  $1,5 - 0,283 = 1,217\%$ , которая свяжетъ соответственное количество окиси кальція.

Для насыщенія одного пая кремневой кислоты нужно 4 пая окиси кальція (для образованія  $Ca_4 SiO_6$ ), то 60,25 ч.  $SiO_2$  потребуютъ 223,48  $CaO$ , или 1 ч.  $SiO_2 = \frac{223,48}{60,25}$  ч.  $CaO = 3,7092$  ч.  $CaO$ ; слѣдовательно 1,217% ненасыщенной кремневой кислоты свяжетъ  $1,217 \times 3,7092 = 4,514\%$  окиси кальція.

1 часть  $MgO = 1,5$  ч.  $CaO$ , то 2,5%  $MgO$  замѣнятъ 3,75%  $CaO$ .

\*) No Dürre.

такъ что въ известнякѣ останется свободной окиси кальція— $50 - (4,5 - 3,75) = 49,25\%$ , примемъ ровно  $49\%$ . Поэтому одна вѣсовая единица способной для насыщения окиси кальція будетъ заключаться въ  $\frac{1}{0,49} = 2,0408$  вѣс. ед. известняка. Эта окись кальція расходуется для насыщения кремневой и фосфорной кислотъ, образующихся при выгорании кремнія и фосфора, которые заключаются въ чугуны и желѣзы, заваленномъ въ печь.

1 пай  $Si = 28,33$  при сгорании переходитъ въ 1 пай  $SiO_2 = 60,25$ , то 1 ч.  $Si = \frac{60,25}{28,33} = 2,127$  ч.  $SiO_2$ ; слѣдовательно 1 ч.  $Si$  насытитъ  $2,127 \times 3,7092$  ч.  $CaO = 7,8895$  ч.  $CaO$ , а это количество окиси кальція заключается въ  $7,8895 \times 2,0408 = 16,1$  ч. известняка, такъ что  $1\%$   $Si$  въ шихтѣ потребуетъ  $16,1\%$  известняка.

Для ошлакованія 1 пая фосфорной кислоты нужно 4 пая окиси кальція, или  $223,48$  ч.  $CaO$  необходимы для  $141,72$  ч.  $P_2O_5$ , въ которой заключается  $61,92$  ч.  $P$ . слѣдовательно 1 ч. фосфора требуетъ  $\frac{223,48}{61,92}$  ч.  $CaO = 3,6091$  ч.  $CaO = 3,6091 \times 2,0408$  ч. известняка =  $7,37$  ч. известняка.

Если въ шихтѣ заключается, примѣрно,  $0,5\%$   $Si$  и  $0,5\%$   $P$ , то въ нее необходимо прибавить  $16,1 \times 0,5 + 7,37 \times 0,5 = 8,05 + 3,68 = 11,73\%$  известняка вышеприведеннаго состава.

Это количество слѣдовало бы уменьшить въ расчетѣ на желѣзо, которое окисляется во время плавки (или было завалено въ окисленномъ видѣ, напр., старое, ржавое желѣзо) и переходитъ въ шлакъ. Вѣсъ всего количества шлака составляетъ  $22\%$  вѣса завалки (безъ известняка напр. при завалкѣ въ 500 пуд. шлакъ вѣсилъ 110 п.), а количество желѣза, химически соединеннаго, въ шлакѣ составляетъ  $10-15\%$  послѣдняго, то относительно завалки оно составитъ  $2-3\%$ . Примемъ, что все желѣзо въ шлакѣ находится въ видѣ закиси. 1 часть  $FeO$  соответствуетъ  $0,2096$  ч.  $SiO_2$ , а 1 ч.  $SiO_2$  отвѣчаетъ  $3,7092$  ч.  $CaO$ , то 1 ч.  $FeO$  равна  $0,2096 \times 3,7092 = 0,7774$  ч.  $CaO = 1,5865$  ч. известняка. То  $3 = FeO$ , заключающіеся въ шлакѣ, равносильны  $3 \times 1,5865 = 4,7596\%$  известняка, такъ что въ вышеприведенномъ примѣрѣ вмѣсто  $11,73\%$  достаточно взять  $11,7 - 4,7 = 7\%$  известняка, въ дѣйствительности слѣдуетъ брать нѣсколько больше въ расчетѣ на неоднородность состава чугуна и известняка, а также на различныя количества желѣза, шлакующіяся при различномъ ходѣ одной и той же печи. Такимъ образомъ, вмѣсто  $7\%$  по расчету слѣдуетъ брать  $8-9\%$  известняка.

Если съ известнякомъ въ завалку идетъ и руда, то количество перваго должно быть уменьшено по слѣдующему расчету: 1 часть  $Fe_2O_3$

возстанавливается въ 2 ч.  $FeO$ , то  $159,64 Fe_2O_3 = 143,68 FeO$ , 1 ч.  $Fe_2O_3 = \frac{143,68}{159,64} = 0,9 FeO$ . Слѣдовательно 1% руды, содержащей 95%  $Fe_2O_3$  равенъ  $0,9 \times 0,95 = 0,855\%$   $FeO = 0,855 \times 1,5865\% = 1,3565\%$  известняка, такъ что въ вышеприведенномъ примѣрѣ весь известнякъ можно замѣнить 6,5% руды.

Хотя въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ чистая руда (относительно  $Si O_2$ ,  $P$  и  $S$ ) немного дороже известняка, но дефосфоризацію съ прибавленіемъ руды безусловно слѣдуетъ предпочесть работѣ съ однимъ известнякомъ, потому что на обжигъ и ошлакованіе известняка расходуется много теплоты, что увеличиваетъ расходъ горючаго, а такъ какъ процессъ съ известнякомъ, по его трудноплавкости, продолжается дольше, чѣмъ процессъ съ рудой, то при первомъ увеличивается, кромѣ расхода горючаго, рабочая плата, угаръ и всѣ вообще расходы по производству.

1 кил. известняка требуетъ для обжога 373 калоріи  $= \frac{373}{6000} = 0,062$  кил. камен. угля, а выдѣляющаяся углекислота поглощаетъ:

$$0,44 \times 0,22 \times 1500 = 145 \text{ кал.} = \frac{145}{6000} = 0,024 \text{ кил. камен. угля.}$$

Всего  $= 0,086$  кил. камен. угля

То прибавленіе 15% известняка влечетъ за собою потерю  $15 \times 0,086 = 1,29\%$  каменного угля, не считая потери горючаго и времени отъ трудноплавкости известняка сравнительно съ желѣзною рудой.

При расходѣ 50% горючаго и цѣнѣ въ 18 коп. за пудъ угля, потеря этого 1% составитъ 0,1 копѣйки на пудъ стали.

При шихтѣ, богатой фосфоромъ (0,5—1%), для болѣе полного выдѣленія, слѣдуетъ прибавлять 2 — 5% известняка, причеъ часть его польсаый конецъ плавки, когда проба уже гнется, потому что прибавленная въ это время руда сильно охлаждаетъ сталь. Но при 0,2—0,4% фосфора въ шихтѣ, нѣтъ нужды прибѣгать къ этому средству, потому что почти весь фосфоръ окисляется и шлакуется во время плавленія шихты.

Если удалить по возможности весь шлакъ, тотчасъ послѣ расплавленія завалки и прибавить нѣкоторый избытокъ (1—1,5%) основаній (въ видѣ руды, или лучше въ видѣ известняка), то въ стали при началѣ кипѣнія остается меньше 0,02% фосфора.

Случается, что по какимъ либо причинамъ (ошибка въ шихтѣ, разнородность матеріала, слишкомъ горячій ходъ плавки и пр.) подѣ конецъ плавки остается еще замѣтное количество фосфора, которое обнаруживается въ кристаллическомъ изломѣ мягкой пробы, т. е. бѣдной углеродомъ. Какъ сказано выше, въ такихъ случаяхъ необходимо прибѣгать къ введенію известняка, который предварительно подогрѣваютъ и затѣмъ

вводить въ ванну въ видѣ мелкихъ кусковъ, чтобы не охлаждать стали и ускорить оплакованіе известняка. Одновременно съ известнякомъ лучше прибавить  $\frac{1}{2}$ —1% зеркальнаго чугуна, который усиливаетъ кипѣніе ванны, что способствуетъ болѣе полной дефосфоризаци.

Извѣстно, что сѣра выдѣляется въ присутствіи марганца, образуя, по всей вѣроятности, сѣрнистыя соединенія марганца. Если въ шихту ввести около 1,2% марганца, то половина сѣры, заключающейся въ шихтѣ, всегда выдѣляется. Болѣе совершеннаго выдѣленія сѣры можно достигнуть, если 1% марганца (въ видѣ какого нибудь сплава, богатаго марганцемъ, напр. зеркальнаго, или ферромарганца) прибавить въ сталь при началѣ кипѣнія. Въ послѣднемъ случаѣ 0,9 всего количества сѣры выдѣляется; вѣроятно здѣсь имѣетъ значеніе окисленіе марганца и дѣйствіе закиси его «*in statu nascendi*» на сѣру.

Изъ вышеприведенныхъ расчетовъ очевидно, что слѣдуетъ избѣгать по возможности введенія кремнія въ шихту, который требуетъ большаго количества основаній (известняка, или руды), а кромѣ того, при плавленіи шихты кремневая кислота, еще не вполне насыщенная, стекаетъ на откосы и разбѣдаетъ на них набойку. Поэтому подходящими чугунами для шихты основныхъ печей слѣдуетъ признать только бѣлые чугуны, или половинчатые—бѣдые кремніемъ. Кромѣ того, чугуны должны содержать марганецъ, а если онъ заключается въ недостаточномъ количествѣ, то его вводятъ въ шихту въ видѣ марганцовистыхъ сплавовъ, чтобы количество марганца въ завалкѣ (исключая руду и известнякъ) доходило до 0,5%. Марганецъ необходимъ въ шихтѣ для усиленія реакціи окисленныхъ шлаковъ на углеродъ. Онъ быстро окисляется, повышая температуру ванны и самъ способствуетъ окисленію углерода по реакціи  $MnO_2 + C = 2MnO + CO$ .

Образующаяся при этомъ окись углерода выдѣляется изъ ванны, проходя черезъ слой шлака, приводитъ послѣдній въ движеніе, чѣмъ способствуетъ всплыванію  $MnO$  на поверхность ванны, гдѣ онъ снова окисляется подѣ дѣйствіемъ печныхъ газовъ и дальше можетъ принимать участіе въ ходѣ процесса.

Количество фосфора и сѣры въ шихтѣ желательнo по возможности уменьшать, но оно зависитъ отъ дѣятъ на чугуны, бѣдые и богатые фосфоромъ. Чаще всего приходится работать съ чугунами, богатыми фосфоромъ, какъ болѣе дешевыми, но для основного процесса это не составляетъ никакого затрудненія, равно какъ и сѣра, выдѣленіе которой требуетъ только большаго ухода за плавкою.

Какъ примѣръ расчета, приведу шихту, составленную неправильно—сѣрый чугунъ введенъ нарочно въ шихту, гдѣ онъ вовсе не нуженъ.

Укажу количество основаній, которое было прибавлено въ плавку, а.

также количество, котораго было бы достаточно, если бы не было введено сбраго чугуна.

Вѣсъ завалки 440 пудовъ; продолжительность хода плавки (исключая время на завалку) 4 ч. 50 м.

Составъ шихты приведенъ въ таблицѣ XXXIV.

Руды въ завалку не прибавляли, но во время плавки для ускоренія процесса (главнымъ образомъ для окисленія углерода, такъ какъ другіе элементы почти сплоа окислились во время плавленія) было прибавлено 0,25% руды при кипѣніи ванны.

Таблица XXXVI.

№	Название матеріаловъ.	В ѣ с ѣ.		C.	Mn.	Si.	P.	S.
		Въ пуд.	Въ %					
1	Чугуна сбраго марки В.	81	18,3	4,1	0,4	2,8	0,09	0,06
2	„ бѣлаго „ М.	35	8,0	3,0	0,6	1,7	1,60	0,20
3	„ ломн. . . . .	87	19,1	2,5	0,2	0,8	0,80	0,16
4	„ зеркальнаго . . . .	17	4,0	5,2	20,0	1,5	0,50	0,20
5	Стального скрапу . . . .	95	21,4	0,3	0,9	0,2	0,10	0,05
6	Старыхъ желѣзн. рельсовъ.	94	21,2	0,15	--	--	0,65	0,20
7	„ „ листовъ .	33	8,0	0,03	--	--	0,05	0,03
Всего . . . . .		442	100,0	--	--	--	--	--

Вмѣстѣ съ этими матеріалами введено въ шихту:

Таблица XXXVII.

№	C.	Mn.	Si.	P.	S.
	%	%	%	%	%
1	$18,3 \times 0,041 = 0,750$	$18,3 \times 0,004 = 0,073$	$18,3 \times 0,028 = 0,512$	$18,3 \times 0,0009 = 0,016$	$18,3 \times 0,0006 = 0,011$
2	$8 \times 0,03 = 0,240$	$8 \times 0,008 = 0,048$	$8 \times 0,017 = 0,136$	$8 \times 0,016 = 0,128$	$8 \times 0,002 = 0,016$
3	$19,1 \times 0,025 = 0,478$	$19,1 \times 0,002 = 0,038$	$19,1 \times 0,008 = 0,153$	$19,1 \times 0,008 = 0,153$	$19,1 \times 0,0015 = 0,029$
4	$4 \times 0,052 = 0,208$	$4 \times 0,2 = 0,800$	$4 \times 0,015 = 0,060$	$4 \times 0,005 = 0,020$	$4 \times 0,002 = 0,008$
5	$21,4 \times 0,003 = 0,064$	$21,4 \times 0,009 = 0,193$	$21,4 \times 0,002 = 0,043$	$21,4 \times 0,001 = 0,022$	$21,4 \times 0,0005 = 0,011$
6	$21,2 \times 0,0015 = 0,032$			$21,2 \times 0,0005 = 0,106$	$21,2 \times 0,002 = 0,042$
7	$6 \times 0,0003 = 0,002$			$8 \times 0,0005 = 0,004$	$8 \times 0,0003 = 0,002$
Всего.	1,774	1,182	0,904	0,491	0,119

Выдѣленіе фосфора происходило на счетъ известняка, котораго введено въ шихту 14,1%; химическій составъ его близокъ къ вышеприведенному.

По вышеуказаннымъ расчетамъ 1 ч. фосфора требуетъ 7,37 ч. известняка, а 1 ч. кремнія—16,1 ч. известняка, то  $0,483\%$  фосфора насытятъ  $7,37 \times 0,483 = 3,56\%$  известняка, а  $0,904\%$  кремнія— $16,1 \times 0,904 = 14,56\%$  известняка. Всего потребуется 18,12% известняка. Шлакъ этой плавки содержитъ 21%  $Fe_2 O_3$ , но въ этомъ числѣ находилась 9% металлическаго желѣза, механически запутаннаго въ шлакѣ, а  $9\% Fe = 9 \times 1,3 = 11,8\%$   $Fe_2 O_3$ , такъ что химически соединеннаго желѣза было  $21 - 11,8 = 9,2\%$   $Fe_2 O_3 = 8,3\% FeO$ .

Въ шихту было введено 14,1% известняка, а требовалось—18,12% недостающіе  $4,02\%$  известняка— $4,02 \times 0,777 = 3,1\%$   $FeO$ , такъ что въ шлакѣ остался избытокъ  $8,3 - 3,1 = 5,2\%$   $FeO$ , который пошелъ на образованіе болѣе основнаго шлака, чѣмъ то было принято въ расчетѣ.

Если бы вмѣсто сѣраго чугуна, вмѣстѣ съ которымъ было введено въ шихту 0,51%  $Si$ , примѣнялся бѣлый, который внесъ бы въ шихту 0,21%  $Si$ , то содержаніе кремнія въ послѣдней было бы  $0,904 - 0,51 + 0,21 = 0,60\%$ . Для его насыщенія потребовалось бы  $0,6 \times 16,1 = 9,66\%$  известняка, или расходъ послѣдняго уменьшился бы на  $14,56 - 9,66 = 4,9\%$ . То при данной навѣскѣ израсходовано напрасно 22 пуда изъ 62 п. известняка, которые по мѣстнымъ цѣнамъ стоятъ  $22 \times 12 = 264$  коп., а на 1 пудъ стали израсходовано напрасно 0,66 коп., не считая расхода горючаго.

18,3% бѣлаго чугуна внесли бы въ шихту  $18,3 \times 0,016 = 0,293\%$  фосфора, а вычитая 0,016%, заключающихся въ сѣромъ чугунѣ, найдемъ, что въ шихтѣ содержаніе фосфора увеличилось бы на  $0,293 - 0,016 = 0,287\%$ , для насыщенія котораго потребовалось бы известняка  $0,287 \times 7,37 = 2,115\%$  или 1,643%  $FeO$  ( $2,115 \times 0,777 = 1,643\%$ ), а по вышеуказанному избытокъ послѣдней въ шлакѣ былъ 5,2%, то при одномъ бѣломъ чугунѣ избытокъ этотъ простирался бы до  $5,2 - 1,6 = 3,6\%$ . Количество это вполне достаточно для значительной основности шлака.

Для успѣшной работы на основномъ поду можно составлять шихту приблизительно слѣдующую:

Углерода . . .	2—3,5%	смотря по мѣстнымъ условіямъ.
Марганца . . .	0,3—0,5	» въ завалку и около 1—1,5% прибавить во время кипѣнія ванны.
Кремнія . . .	0,2—0,3	» и въ исключительныхъ случаяхъ не больше 0,5%.
Фосфора . . .	0,3 — 1,5%	смотря по чугуну и назначенію шихты.
Сѣры . . .	0,03—0,3%	» » » » »

Для особыхъ сортовъ твердой стали (напр., инструментальной) лучше

примѣнять шихту съ 0,3—0,5% фосфора и 0,03—0,07% сѣры, чтобы избѣжать продолжительной и мѣшкотной работы при выдѣленіи большого количества этихъ примѣсей во время хода плавки.

Мягкую, сваривающуюся сталь нѣтъ нужды дѣлать изъ чистой шихты, потому что продолжительность плавки для такой стали дастъ полную возможность выдѣленія фосфора и части сѣры, хотя бы послѣдніе были въ значительныхъ количествахъ.

Для выясненія послѣдовательности выгоранія примѣсей желѣза во время хода плавки Шмидгамерь бралъ послѣдовательно пробы стали и шлака: анализы которыхъ помѣщены въ нижеприведенной таблицѣ XXXVIII.

Вся завалка была сразу помѣщена въ печь и потребовала 3-хъ часовъ для полного расплавленія. Тогда сгребли шлакъ и взяли первыя пробы стали и шлака; послѣ взятія каждой пробы для ускоренія кипѣнія бросали въ печь окалину, смѣшанную съ 25% извести, смоченной водою и спрессованной въ видѣ кирпичей. Прибавленіе окалины прекратили когда содержаніе углерода въ ваннѣ понизилось до 0,3%. Тогда предоставили ваннѣ спокойно кипѣть.

Изъ таблицы XXXVIII видно, что большая часть кремнія содержащагося въ завалкѣ выгорѣла еще во время плавленія завалки, такъ какъ количество кремнія уменьшилось на 91%; это относится въ незначительной степени и къ Р, Мп и С, такъ какъ до первой пробы количество выдѣлившагося Р составляло 34%, Мп—37% и С—32%. Въ отличіе отъ бесемеровскаго процесса количество фосфора уменьшается одновременно съ кремніемъ и вмѣстѣ съ послѣднимъ достигаетъ своего минимума, между тѣмъ какъ марганецъ выгораетъ послѣ, а углеродъ подѣ самый конецъ плавки.

Кромѣ того видно, что для полной дефосфоризаціи необходима значительная основность шлака, помимо небольшого содержанія фосфора. Проба № IV настолько чиста, что плавку можно бы окончить, еслибы углерода было меньше.

Составъ шлака I-ой пробы по анализу не согласуется съ составомъ его по вычисленію. Если вычислить составъ шлака по выдѣлившимся примѣсямъ желѣза и прибавленной извести, то составъ его долженъ быть слѣдующій: SiO<sub>2</sub>—17,00%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—1,05%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—0,94%; FeO—4,20%; МпО—5,90; СаО—63,30; MgO—2,50. Разногласіе это зависитъ отъ того, что часть извести еще не успѣла раствориться въ шлакъ и была вмѣстѣ съ нимъ удалена, а также примѣшалась къ шлаку часть доломитовой набойки, ошлакованной во время плавленія и часть шлака отъ предыдущей плавки. Вышее, противъ вычисленнаго, содержаніе кремнезема слѣдуетъ приписать песку, приставшему къ поверхности свинокъ чугуна, и частямъ кирпичей плавильнаго пространства, которыя выкрошились во



Таблица XXXVIII.

	№№ пробъ		М е т а л л ь.					Ш л а к ь.								
			Si.	P.	Mn.	C.	Fe.	SiO <sub>2</sub> .	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO
Заваленный чугуны . . . . .	ч.	м.	0,945	0,070	1,710	3,430	93,845									
Колич. его составн. частей въ килогр.			28,35	2,09	51,90	102,90	2815,0									
Заваленная бессем. сталь . . . . .			0,087	0,097	0,115	0,327	99,424									
Колич. ея составн. част. въ килогр.			1,48	3,88	4,60	13,08	3977									
Сумма количествъ . . . . .			29,83	5,97	56,50	115,98	6792									
Средній составъ завалки . . . . .			0,426	0,085	0,807	1,656	97,026									
Тотчасъ послѣ расплавления . . .	I	3	—	0,088	0,056	0,511	1,180	27,98	1,06	0,84	11,98	9,95	42,50	4,73		
Прибавлено 120 кил. оклины . . .	II	3	15	0,028	0,028	0,309	1,009	16,46	2,73	1,10	18,67	14,01	39,00	5,82		
„ 100 „ „ . . . . .	III	3	40	0,023	0,017	0,216	0,935	19,60	2,77	0,72	19,23	19,74	35,00	4,80		
„ 72 „ „ . . . . .	IV	4	—	0,016	0,013	0,216	0,614	18,56	2,74	1,21	21,97	12,68	36,00	5,60		
„ 48 „ „ . . . . .	V	4	15	0,016	0,013	0,220	0,429	16,16	2,24	0,76	28,37	11,59	36,50	6,14		
Не прибавлено больше . . . . .	VI	4	34	0,014	0,014	0,220	0,272	14,76	2,27	0,82	30,77	10,99	36,60	4,70		
	VII	4	50	0,019	0,011	0,203	0,286	14,20	2,81	2,84	26,81	9,76	36,40	6,48		
	VIII	5	05	0,023	0,013	0,223	0,245	14,64	2,69	2,91	25,05	10,14	36,50	6,78		
	IX	5	25	0,023	0,011	0,194	0,218	13,90	2,30	2,80	24,62	10,41	39,50	5,76		

время плавки. Если предположить, что во время 1-ой пробы оплаковалось только 200 кил. извести, что 80 кил. набойки перешло въ шлакъ и что вмѣстѣ съ чугуномъ было введено въ завалку 10 кил. песка, то по вычисленію получится шлакъ очень близко подходящій къ составу, определенному первымъ анализомъ.

Напрасно авторъ усложнилъ составъ шлака прибавленіемъ окалины и неудачнымъ выборомъ чугуна. Для такой опытной плавки всегда можно выбрать чугунъ съ совершенно чистой поверхностью, безъ приставшаго песку, а для полного растворенія извести въ шлакъ до его удаленія изъ печи слѣдовало разбить мелко куски извести.

## ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ.

### Ш л а к ъ.

При плавленіи заваленнаго въ печь матеріала окисляется часть желѣза, марганецъ, фосфоръ и кремній, а также часть сѣры. Окислы первыхъ двухъ элементовъ даютъ основанія, къ которымъ слѣдуетъ отнести и окись кальція, заваливаемую въ печь въ видѣ известняка, а остальные элементы послѣ окисленія даютъ кислоты. Такимъ образомъ имѣются всѣ составныя части для полученія шлака, который образуется съ самаго начала плавленія. Въ этотъ періодъ шлакъ состоитъ почти изъ одного кремнекислаго и фосфорнокислаго желѣза, кальцій еще не входитъ въ составъ шлака, такъ какъ заваленный въ печь известнякъ обжигается въ это время; только послѣ расплавленія большей части заваленнаго матеріала куски известняка всплываютъ на поверхность ванны и подъ дѣйствіемъ шлака сами плавятся, увеличивая основность его. По мѣрѣ плавленія желѣза окисляются новыя количества фосфора и кремнія и поглощаются тотчасъ же основнымъ шлакомъ, такъ что послѣ расплавленія всего металла выдѣленіе фосфора почти закончено. Остаеся удалить изъ печи шлакъ, богатый фосфорною кислотою; но такъ какъ всего шлака удалить нельзя, то послѣ стрѣбанія большей части его прибавляютъ въ печь 1—2% известняка, чтобы такимъ образомъ уменьшить процентное содержаніе фосфорной кислоты въ шлакъ и увеличить его основныя свойства, для болѣе полного выдѣленія остатковъ фосфора изъ стали.

По мѣрѣ хода плавки углеродъ выгораетъ, а при незначительномъ его содержаніи въ стали (около 0,1%) происходитъ большее окисленіе желѣза, такъ что подъ конецъ плавки шлакъ богаче окислами желѣза, чѣмъ при началѣ ея. На большее, или меньшее окисленіе желѣза имѣетъ вліяніе, главнымъ образомъ, ходъ печи. Чѣмъ горячѣе ходъ печи (т. е.

тѣмъ меньше плавокъ на ней сдѣлано послѣ ремонта), тѣмъ скорѣе плавятся заваленные матеріалы и тѣмъ меньше желѣза окисляется; наоборотъ, при холодномъ ходѣ печи желѣзо долго остается нерасплавленнымъ. Печные газы дѣйствуютъ непосредственно на раскаленный металлъ, не предохраненный слоемъ шлака, и сильно окисляютъ его. Одновременно съ желѣзомъ окисляются и другіе элементы, какъ то: кремній и фосфоръ, такъ что сталь холодныхъ плавокъ не только мягче, но и чище относительно фосфора и сѣры, чѣмъ сталь горячихъ плавокъ; однако холодная плавка въ экономическомъ отношеніи невыгодна.

Большее окисленіе при холодныхъ плавкахъ обнаруживается въ вѣсѣ шлака, который при горячихъ плавкахъ составляетъ 20—24% вѣса металлической завалки, а при холодныхъ до 36%, при чемъ въ обоихъ случаяхъ въ завалку прибавляли 14% известняка, который послѣ обжига давалъ 7,84% окиси кальція. Такъ какъ холодная плавка составляетъ сравнительную рѣдкость въ хорошо устроенныхъ мартеновскихъ печахъ, то для пробѣрки вычисленіемъ возьмемъ шлакъ горячихъ плавокъ и только впоследствии сравнимъ его со шлакомъ холодной плавки, относительно окисловъ желѣза.

Средній вѣсъ шлака, найденный взвѣшиваніемъ нѣсколькихъ десятковъ плавокъ, равенъ 22% металлической навѣски; прибавляемый въ завалку известнякъ не входитъ въ ея вѣсъ. Колебанія въ вѣсѣ шлака различныхъ плавокъ (только горячихъ) на основныхъ печахъ гораздо больше, чѣмъ на кислыхъ, что зависитъ отъ разнородности заваливаемыхъ матеріаловъ; однако же, колебанія эти обыкновенно не превосходятъ 4% вѣса шлака, такъ что почти всѣ, взвѣшенные мною плавки, давали отъ 20 до 24% шлаку, конечно, если они не могли быть отнесены къ числу холодныхъ плавокъ, такъ какъ вѣсъ шлака послѣднихъ колебался отъ 28 до 36%, какъ сказано выше.

Для пробѣрки расчетомъ, возьмемъ плавку въ 500 пуд., составленную по нижеприведенной шихтѣ, вѣсъ шлака которой былъ равенъ

Таблица XXXIX.

Матеріалы.	C.	Mn.	P.	Si.	S.
	%	%	%	%	%
Чугунъ марки D . . . . .	3,23	1,30	1,50	1,59	0,14
„ „ L . . . . .	3,53	0,14	0,16	3,55	0,21
„ „ M . . . . .	3,60	0,50	0,58	2,64	0,50
Зеркальный чугунъ . . . . .	5,50	21,00	2,90	1,50	0,30
Желѣзо ломъ . . . . .	0,05	0,20	0,20	0,10	0,04

120 пуд., а за вычетомъ 9% металлическаго желѣза, механически запутаннаго въ шлакъ, 110 пуд., т. е. 22%. Плавка была горячая, такъ какъ она составляла 27-ю постѣ ремонта печи.

Шихта была составлена изъ 55% желѣзной лопы и 45% иностраннаго чугуна съ прибавленіемъ 14% известняка. Составъ матеріаловъ, вошедшихъ въ завалку указанъ въ вышеприведенной таблицѣ № XXXIX.

Известнякъ, заваливаемый въ печь, былъ слѣдующаго состава:

$SiO_2$	1,03%
$F_2O_3 + Al_2O_3$	1,68 »
$MgO$	0,45 »
$CaO$	54,22 »
$CO_2$	42,78 »
	100,16%

т. е. въ 100 ч. известняка заключается 97,5 ч. углекислаго кальция и магнезія.

Шихта приведена въ таблицѣ № XI.

Таблица XI.

Названіе матер.	по весу.	Вѣсъ въ пудахъ.	C.	Mn.	P.	Si.	S.
			%	%	%	%	%
Чуг. мар. D	10	$500 \times 0,1 = 50$	$0,1 \times 3,23 = 0,323$	$0,1 \times 1,30 = 0,130$	$0,1 \times 1,50 = 0,150$	$0,1 \times 1,59 = 0,159$	$0,1 \times 0,14 = 0,014$
" " L	10	$500 \times 0,1 = 50$	$0,1 \times 3,53 = 0,353$	$0,1 \times 0,14 = 0,014$	$0,1 \times 0,16 = 0,016$	$0,1 \times 3,55 = 0,355$	$0,1 \times 0,21 = 0,021$
" " M	20	$500 \times 0,2 = 100$	$0,2 \times 3,60 = 0,720$	$0,2 \times 0,50 = 0,100$	$0,2 \times 0,58 = 0,116$	$0,2 \times 2,64 = 0,528$	$0,2 \times 0,50 = 0,100$
Чуг. зеркал.	5	$500 \times 0,05 = 25$	$0,05 \times 5,50 = 0,275$	$0,05 \times 21,00 = 1,050$	$0,05 \times 2,90 = 0,145$	$0,05 \times 1,50 = 0,075$	$0,05 \times 0,30 = 0,015$
Жел. ломп.	55	$500 \times 0,55 = 275$	$0,55 \times 0,08 = 0,044$	$0,55 \times 0,20 = 0,110$	$0,55 \times 0,20 = 0,110$	$0,55 \times 0,10 = 0,055$	$0,55 \times 0,04 = 0,022$
<b>Всего . .</b>	<b>100</b>	<b>500</b>	<b>1,699</b>	<b>1,404</b>	<b>0,537</b>	<b>1,172</b>	<b>0,172</b>
Известнякъ	14	70	—	—	—	—	—

Переводя въ пуды количество марганца, фосфора, кремнія и сѣры, найдемъ, что въ шихту введено:

$$Mn. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{1,404 \times 500}{100} = 7,020 \text{ пуд.}$$

$$P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{0,537 \times 500}{100} = 2,685 \text{ »}$$

$$Si \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{1,172 \times 500}{100} = 5,860 \text{ »}$$

$$S \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{0,172 \times 500}{100} = 0,860 \text{ »}$$

Послѣ окисленія элементы эти перейдутъ въ шлакъ съ большимъ вѣсомъ, а именно:

1 ч. *Mn* переходить въ  $\frac{70,76}{54,8} = 1,3$  ч. *MnO*, то 7,02 п. *Mn* дадутъ 9,126 п. *MnO*.  
 1 ч. *P* „ „  $\frac{75,86}{30,96} = 2,45$  ч. *P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>*, то 2,685 п. *P* „ 6,578 „ *P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>*.  
 1 ч. *Si* „ „  $\frac{60,25}{28,33} = 2,13$  ч. *SiO<sub>2</sub>* то 5,860 п. *Si* „ 12,487 „ *SiO<sub>2</sub>*.

Известнякъ послѣ обжига терять въ вѣсъ отъ выдѣленія углекислоты, такъ что 1 ч. *CaCO<sub>3</sub>* переходить въ  $\frac{55,87}{99,76} = 0,56$  ч. *CaO*.

Въ 70 пуд. известняка, заваленныхъ въ печь, заключается  $70 \times 0,97 = 67,9$  пуд. углекислага кальция, который послѣ обжига обратится  $67,9 \times 0,56 = 38,02$  пуда окиси кальция.

Кромѣ известняка, прибавляемаго въ завалку въ составъ шлака входятъ тотъ доломитъ, который употребляютъ на ремонтъ набойки послѣ каждой плавки. Въ среднемъ на плавку расходуютъ 16 пуд. доломита, состава.

Таблица ХЛІ.

Составъ.	До обжига.	Послѣ обжига.
<i>SiO<sub>2</sub></i> . . . . .	0,95	1,68
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> . . . . .	1,39	} 3,60
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> . . . . .	0,65	
<i>CaO</i> . . . . .	31,00	54,87
<i>MgO</i> . . . . .	22,51	39,82
<i>CO<sub>2</sub></i> . . . . .	43,30	—
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i> . . . . .	0,02	0,031
	99,83	100,02

такъ что въ шлакъ переходить изъ доломита:  $MgO - \frac{16 \times 39,82}{100} = 6,37$  п.

$CaO - \frac{16 \times 54,87}{100} = 8,78$  п.;  $SiO_2 - \frac{1,68 \times 16}{100} = 0,27$  п.;  $Fe_2O_3 + Al_2O_3 -$   
 $-\frac{3,6 \times 16}{100} = 0,53$  п. и  $P_2O_5 - \frac{0,031 \times 16}{100} = 0,05$  п.

По нижеуказаннымъ формуламъ 0,58 пуд. *Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>* свяжутъ  $\frac{0,58}{7,15} = 0,081$  *SiO<sub>2</sub>*; остатокъ кремневой кислоты, введенной вмѣстѣ съ доломитомъ, равный  $0,27 - 0,081 = 0,189$  пуд. свяжетъ  $\frac{0,189}{5,56} = 0,34$  пуд. *CaO*, поэтому въ шлакъ перейдетъ 6,37 п. *MgO* и 8,44 п. *CaO*, такъ что вмѣстѣ съ заваленной известью въ шлакъ будетъ всего  $38,02 + 8,44 = 46,46$  пуд. *CaO*.

Такимъ образомъ получится шлакъ, содержащій вышеуказанные элементы въ слѣдующихъ количествахъ:

Таблица XLII.

	Пуды.	%
<i>SiO<sub>2</sub></i> . . . . .	12,484	11,34
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i> . . . . .	6,628	6,03
<i>MnO</i> . . . . .	9,126	8,30
<i>CaO</i> . . . . .	46,460	42,22
<i>MgO</i> . . . . .	6,370	5,80
<i>FeO</i> . . . . .	28,936	26,31
Итого . . . . .	110,000	100,00

Всѣ элементы опредѣлены здѣсь вычисленіемъ, за исключеніемъ закиси желѣза, которая найдена по разности между вѣсомъ всего шлака (110 п.) и суммой вѣсовъ остальныхъ элементовъ (81,894 п.).

При изслѣдованіяхъ первыхъ опытовъ томасированія пр. Эренвергъ сдѣлалъ указаніе, что для полной дефосфоризаціи максимумъ содержанія кремневой кислоты въ шлакахъ не должно превышать 15%, а фосфорной — 11—12%, но позднѣйшія изслѣдованія показали, что цифры эти не совсѣмъ вѣрны. Шмидгаммеръ говоритъ (Stahl und Eisen. 1891. 7. 547), что по его многочисленнымъ анализамъ фосфорной кислоты въ шлакахъ гораздо меньше указаннаго Эренвертомъ количества, а кремневой наоборотъ часто бываетъ больше, а именно около 20%, что согласуется и съ моими наблюденіями.

Дюрре \*) приводитъ формулы для томасовскаго шлака, по которымъ на 1 ч. кремневой и фосфорной кислотъ приходится 4 ч. окиси кальція, а именно:  $Ca_4SiO_6$  и  $Ca_4P_2O_8$ , но вышеприведенный шлакъ богаче основаніями и по расчету слѣдуетъ принять, что на 1 ч. кислотъ приходится 6 ч. основаній, такъ что получимъ формулы  $Ca_6SiO_8$  и  $Ca_6P_2O_{11}$  (или  $Fe_6SiO_8$  и  $Fe_6P_2O_{11}$ ), изъ которыхъ легко вычислить количество основаній, связываемыхъ кислотами.

Для простоты вычисленій допустимъ, что фосфорная кислота насыщается вся только окисью кальція, а всѣ остальные основанія соединяются съ кремневой кислотой.

По вышеприведеннымъ формуламъ:

\*) Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten III Band. XXX Lieferung.

1 ч. $P_2O_5$ связыв. 6 ч. $CaO$ ; или 151,72 $P_2O_5$ —6,55,87, то 1 ч. $P_2O_5$ —	$\frac{6.55,87}{151,72}$	=2,21 ч. $CaO$
1 " $SiO_2$ " 6 " $CaO$ ; " 60,25 $SiO_2$ —6,55,87, " 1 " $SiO_2$ "	$\frac{6.55,87}{60,25}$	=5,564 " $CaO$
" " 6 " $FeO$ ; " " 6,71,84, " 1 " $SiO_2$ "	$\frac{6.71,84}{60,25}$	=7,155 " $FeO$
" " 6 " $MnO$ " " 6,70,76, " 1 " $SiO_2$ "	$\frac{6.70,76}{60,25}$	=7,047 " $MnO$
" " 6 " $MgO$ " " 6,49,80, " 1 " $SiO_2$ "	$\frac{6.49,80}{60,25}$	=4,961 " $MgO$ .

Слѣдовательно 6,628 п. \*)  $P_2O_5$  свяжутъ (6,628×2,21) п.  $CaO$ —  
 =14,648 п.  $CaO$ , такъ что остатокъ окиси кальція равенъ 46,460 —  
 —14,648=31,812 п. для насыщениа его потребуется  $\frac{31,812}{5,564}$ =5,717 пуд.  
 $SiO_2$ .

6,37 пуд.  $MgO$  потребуютъ  $\frac{6,370}{4,961}$ =1,409 п.  $SiO_2$ .

9,126 »  $MnO$  »  $\frac{9,126}{7,047}$ =1,309 »  $SiO_2$ .

Всего кремневой кислоты насыщено вышеуказанными основаніями:  
 5,717+1,409+1,309=8,435 п., остается 12,484 — 8,435=4,049 п.  $SiO_2$ ,  
 которые свяжутъ  $4,049 \times 7,155 = 28,97 FeO$ , а это почти тоже самое  
 число, которое найдено вычитаніемъ (28,936), изъ общаго вѣса шлака.

Большую часть въ плавку прибавляютъ очень небольшія количества  
 руды 1—2% вѣса металлической завадки, но случаются и болѣе значи-  
 тельныя присадки, а именно 5—6%. Въ послѣднемъ случаѣ прибавлен-  
 ная руда, въ количествѣ 25—30 пудовъ, вполне замѣнитъ закись  
 желѣза въ шлакѣ; но при незначительныхъ прибавкахъ—5—10 пуд. часть  
 закиси желѣза шлака получается отъ окисленія металлическаго желѣза,  
 т. е. угарь увеличивается на 28,936—7,5 \*\*) = 22,436 пуд.  $FeO = 22,436 \times$   
 $\times 0,777 = 17,93$  пуд.  $Fe = \frac{17,93 \times 100}{500} = 3,58\%$   $Fe$ .

Угарь всѣхъ элементовъ по вышеуказанной шихтѣ, вмѣстѣ съ угаромъ  
 желѣза составитъ, 1,7%  $C$  + 1,4%  $Mn$  + 0,5%  $P$  + 1,17%  $Si$  + 0,17%  $S$  +  
 + 3,58%  $Fe = 8,52\%$ . Къ этой величинѣ слѣдуетъ прибавить 9% (отъ  
 вѣса шлака)  $Fe$ , занутаннаго механически въ шлакѣ, т. е. 10 пуд., что  
 составитъ  $\frac{10.100}{500} = 2\%$  всей навѣски, такъ что полный угарь для основ-  
 ныхъ печей слѣдуетъ принять въ 8,52 + 2 = 10,52%. Цыфра эта вполне  
 сходится съ мѣсячной отчетностью хорошо устроенныхъ мартенов-  
 скихъ печей.

\*) Вмѣстѣ съ завадкою введено  $P_2O_5$ —6,578 пуд., а съ доломитомъ 0,50 пуд.,  
 всего 6,628 пуд.

\*\*) Средняя между 5 и 10 пуд. прибавляемой руды.

По вышеуказанному вѣсъ шлака холодныхъ плавокъ колеблется между 28 и 36%—въ среднемъ 32% т. е. на 10% больше вѣса шлака горячихъ плавокъ. Эти 10% составляютъ около 12 пуд., приходящихся почти исключительно на  $FeO$ , перевода ихъ въ металлическое желѣзо, найдемъ  $12 \times 0,777 = 9,33$  пуд. =  $\frac{9,33 \times 100}{500} = 1,86\%$   $Fe$  вѣса всей завалки, такъ что при холодныхъ плавкахъ угаръ одного металлическаго желѣза простирается до  $3,58 + 1,86 = 5,44\%$ .

Какъ сказано выше дефосфоризация почти кончается послѣ расплавления всего заваленнаго въ печь матеріала, а такъ какъ вскорѣ послѣ этого удаляютъ часть шлака изъ печи, то остающійся въ печи шлакъ долженъ быть бѣднѣ кислотами. Для наглядности хода выдѣленія фосфора въ ниже приведенной таблицѣ указаны анализы шлаковъ, взятыхъ отъ одной и той-же плавки, въ различные ея періоды.

Шлакъ № 1 взятъ изъ печи послѣ расплавления.

- » № 2 » » » при закипаніи, спустя 20 м. послѣ № I.  
 » № 3 » » » при удаленіи части шлака изъ печи (кипѣніе краснымъ пузырьремъ), спустя 12 м. послѣ № II.  
 » № 4 » » » послѣ прибавленія 1% известняка (кипѣніе бѣлымъ пузырьремъ), спустя 18 м. послѣ № III.  
 » № 5 » » » изъ ковша послѣ разливанія стали, спустя 25 м. послѣ № IV.

Составъ этихъ пяти номеровъ по анализамъ, произведеннымъ въ лабораторіи Горнаго Института оказался слѣдующимъ:

Таблица XLIII.

№ шлака.	I.	II.	III.	IV.	V.
	%	%	%	%	%
$SiO_2$ .	12,38	11,96	11,76	9,33	17,38
$FeO$	21,09	21,03	21,50	20,11	20,51
$P_2O_5$	4,26	4,96	5,45	3,50	2,33
$MnO$	8,28	6,92	6,36	5,76	8,02
$CaO$	46,12	47,96	47,85	49,42	45,56
$MgO$	7,23	6,47	6,24	5,19	5,92
$S$	0,08	0,07	0,07	0,04	0,06
Сумма . . .	99,44	99,07	99,23	99,86	99,76



Первые три номера вполне отвѣчаютъ формуламъ, по которымъ считаютъ шлакъ вышеприведеннаго состава, т. е.  $Ca_6SiO_8$  и  $Ca_6P_2O_{11}$ . Въ этихъ номерахъ указанъ составъ шлака до его удаленія изъ печи. Въ № IV-омъ указанъ составъ шлака болѣе основнаго, такъ какъ это остатокъ предыдущаго шлака, обогащенный окислами желѣза, переходящими въ большемъ количествѣ въ шлакъ подъ конецъ обезуглероживанія. Если этотъ шлакъ разсчитать по вышеуказанной мною формулѣ, то окажется въ немъ недостатокъ  $SiO_2$  въ 3,25%, т. е. въ немъ на одну часть кислоты приходится не 6-ть частей основаній, а почти 8-мь.

Въ № V указанъ составъ шлака, взятаго изъ ковша послѣ разливанія; онъ богатъ кремневою кислотой, получившеюся отчасти изъ добавочныхъ матеріаловъ, а отчасти поглощенную изъ желоба и ковша.

Прибавлено было подъ конецъ плавки 4% гематитоваго чугуна съ 3,5%  $Si$ , 1,5% зеркальнаго чугуна съ 1,5%  $Si$  и 0,5% ферромарганца съ 1,5%  $Si$ , такъ что вмѣстѣ съ добавочными введено въ ванну кремнія:  $0,04 \times 3,5 = 0,14\%$  и  $0,02 \times 1,5 = 0,03\%$  всего 0,17%  $Si$ , которые послѣ окисленія перешли въ  $0,17 \times 2,13 = 0,36\%$   $SiO_2$ , то при 500 пуд. завалки эти 0,36% составляютъ 1,8 пуд.  $SiO_2$ , а такъ какъ вѣсъ шлака изъ ковша составляетъ только 30 п. (изъ 120 пуд. всего вѣса), то 1,8 пуд.  $SiO_2$  въ шлакѣ увеличить содержаніе  $SiO_2$  на  $1,8 \times 4 = 7,2\%$ ; остатокъ въ 0,35% [ $(17,38 - (9,83 + 7,2) = 17,38 - 17,03 = 0,35)$ ] заимствованъ шлакомъ изъ набойки ковша и желоба.

Послѣдній шлакъ близокъ по составу къ формуламъ Дюрре, по которымъ на 1 ч. кислоты приходится 4 части основаній. Если его разсчитать по этимъ формуламъ, то окажется, что недостаетъ только 1,84%  $SiO_2$ , т. е., что шлакъ немного болѣе основной, чѣмъ слѣдовало бы по формуламъ.

Чѣмъ богаче шлакъ основаниями, тѣмъ полнѣе выдѣленіе фосфора, но только до извѣстнаго предѣла, имѣющаго практическое значеніе. Если на одну часть кислотъ въ шлакѣ приходится меньше четырехъ частей основаній, то не вся фосфорная кислота поглощается шлакомъ и часть фосфора остается въ стали. Для полнаго его выдѣленія необходимо четыре части основаній. Обыкновенно вводятъ основаній нѣсколько больше, чѣмъ слѣдуетъ по расчету, т. е. больше четырехкратнаго количества кислотъ въ завалкѣ, но нѣтъ нужды вводить слишкомъ много основаній, такъ какъ это влечетъ за собою напрасную трату матеріаловъ (известняка или руды), горячаго и рабочихъ рукъ, т. е. возвышаетъ цѣну стали. Изъ вышеприведенныхъ расчетовъ видно, что на одну часть кислотъ было введено 6-ть частей основаній, но это количество слишкомъ велико и безъ всякаго вреда для дефосфоризаціи оно можетъ быть уменьшено по крайней мѣрѣ

на  $\frac{1}{6}$  часть всего количества оснований, т. е. известняка и окиси жѣлѣза вмѣстѣ взятыхъ.

Г. Камбелль \*) дѣлалъ обширныя изслѣдованія относительно условий возстановляемости фосфора изъ основныхъ шлаковъ. Результаты его изслѣдованія собраны въ нижеприведенной таблицѣ XLIV.

Таблица XLIV.

При содержан. въ шлакѣ.		Количество восстан. Р.	
$P_2O_5$ .	$SiO_2$	Максимумъ.	Среднее.
Меньше 5%	до 20%,	0,01%	обычн. вовсе не было,
5—10 "	— 19 "	0,15 "	0,05%
10—15 "	— 17 "	0,20 "	0,05 "
15—20 "	— 12 "	0,20 "	0,01 "

Такъ какъ въ мартеновскихъ печахъ шлаки не содержатъ 10%  $P_2O_5$ , то возстановленія фосфора въ нихъ почти никогда не бываетъ, а въ томасовскихъ конверторахъ, какъ извѣстно оно довольно значительно.

По наружному виду основной шлакъ рѣзко отличается отъ кислаго: онъ темносѣраго, почти чернаго цвѣта, въ порошокъ—сѣраго, плотный, съ ровнымъ изломомъ. По всей массѣ шлака разсѣяны крупныя пустоты, но ихъ очень мало въ сравненіи съ пустотами или ноздринками кислаго шлака.

О застываніи основнаго шлака въ изложницахъ было сказано въ гл. XXII отдѣла III.

\*) По Ледебурю. Stahl und Eisen 1898 г. 869 стр.

# ОТДѢЛЪ ПЯТЫЙ.

## О специальной стали и ея примѣсахъ.

Въ этомъ отдѣлѣ собраны данныя о специальныхъ сортахъ стали: никелевой и марганцовой, а также послѣдніе выводы о вліяніи примѣсей на сталь, новые способы обуглераживанія и вліяніе ликвиціи. Все это составляетъ успѣхи металургіи какъ въ научномъ, такъ и въ практическомъ отношеніи и является очень важнымъ для рациональнаго производства стали.

### ГЛАВА ПЕРВАЯ.

#### Никелевая сталь.

Никелевую сталь готовятъ, по Шерри, въ Германіи и Австріи прибавленіемъ металлическаго никкеля въ расплавленной стали въ мартеновскихъ печахъ, или введеніемъ небольшихъ кусковъ его въ разливочный ковшъ. По причинѣ трудной окисляемости никкеля онъ не плавится, особенно, въ присутствіи хрома. Всѣ стружки и обрѣзки, полученные при обработкѣ никелевой стали, поступаютъ обратно въ переплавку въ мартеновскія печи, причемъ содержащійся въ нихъ никкель не выгораетъ. Во Франціи вмѣсто чистаго никкеля примѣняютъ феррониккель, какъ добавочный матеріалъ для полученія никелевой стали. Въ Сѣв. Америкѣ примѣняютъ закись никкеля, которая восстанавливается въ мартеновскихъ печахъ на счетъ углерода чугуна. Закись никкеля, сцементированную въ видѣ кирпичей съ известью или угольнымъ порошкомъ, заваливаютъ непосредственно на подъ печи, который затѣмъ покрываютъ чугуномъ и наконецъ прибавляютъ остатокъ завалки. Оба послѣдніе способа примѣнимы лишь при полученіи стали съ малымъ содержаниемъ никкеля, а при высшемъ его содержаніи напр. 20—27% прибавляютъ въ мартеновскія печи и чистый металлическій никкель. Самымъ подходящимъ, по своей дешевизнѣ, матеріаломъ для полученія никелевой стали въ мартеновскихъ печахъ является зеркальный феррониккель, приготовляемый Обществомъ «Le Ferro-Nickel» въ Парижѣ, составъ котораго слѣдующій: Fe—72%; Ni—20%; Mn—5%; и C—2,5—3%.

Никелевая сталь спокойно разливается по изложницамъ; она жижее, чѣмъ обыкновенная сталь и по причинѣ отсутствія въ ней явленій ликвиціи даетъ чрезвычайно однородныя болванки, безъ усадочныхъ раковинъ и совершенно гладкія на поверхности. Однако слѣдуетъ имѣть въ виду, что

при сколько-нибудь значительномъ содержаніи никкеля въ стали (выше 2,5%) болванки послѣдней приобрѣтають игольчатое строеніе, котораго нельзя уничтожить ни приковкою, ни прокаткою, а также отжигъ и закалка не измѣняютъ этого игольчатого строенія. При проковкѣ такихъ болванокъ игольчатые кристаллы распределяются по длинѣ оси болванки и поперечныя пробы стали рвутся безъ удлиненія.

Замѣчательныя свойства никкелевой стали уже давно обратили на нее вниманіе и многіе изслѣдователи занимались изученіемъ физическихъ свойствъ никкелевой стали. Первые изслѣдованія принадлежатъ Я. Риллею въ 1888 г. Онъ высказалъ взглядъ, что производство никкелевой стали въ мартеновскихъ печахъ не представляетъ никакихъ затрудненій; получается жидкій и однородный металлъ. Онъ указалъ также на утилизацію всѣхъ обрѣзковъ никкелевой стали. Ковка и прокатка также не представляетъ затрудненія, за исключеніемъ, когда содержаніе никкеля возрастеть до 25%; нагрѣвъ такой стали требуетъ извѣстныхъ предосторожностей. Главное преимущество никкелевой стали передъ обыкновенною состоитъ, по Риллею, въ ея высокомъ предѣлѣ упругости и прочности при значительномъ удлиненіи. Дальше Риллей указываетъ на прекрасную способность никкелевой стали полироваться и на малую ея растворимость въ соленой водѣ и слабыхъ кислотахъ. При содержаніи никкеля въ 50% сталь теряетъ свои свойства.

Позднѣйшія изслѣдованія надъ сплавами никкеля, желѣза и хрома сдѣланы Шоля и Гармэ \*). Результаты ихъ изслѣдованій могутъ быть выражены слѣдующимъ образомъ:

I. Углеродъ значительно улучшаетъ свойства закаленной никкелевой стали, не сообщая ей однако хрупкости.

II. Никкель оказываетъ лучшее вліяніе на сталь при содержаніи до 15%; при высшемъ содержаніи никкеля вліяніе его уменьшается.

III. Прибавленіе хрома къ стали съ 15% никкеля еще болѣе улучшаютъ ея свойства; получается сталь неизвѣстной до сихъ поръ прочно-сти въ 180 кил. Одинъ никкель не уменьшаетъ вліянія хрома на хрупкость, что имѣетъ мѣсто при углеродѣ.

Не удивительно, что эти интереснѣйшія и важныя наблюденія были утилизированы при производствѣ блиндажныхъ плитъ.

Французы первые примѣнили никкелево-хромистую сталь для броневыхъ плитъ и получили прекрасные результаты. Круша броневыя плиты вѣроятно тоже приготовлены изъ никкелево-хромистой стали.

Для изслѣдованія вліянія никкеля на сталь Мулянь \*\*) подвергали химическимъ и механическимъ испытаніямъ мягкую сталь, съ содержа-

\*) L'Echo de mines et de Metallurgie. 1894 г.

\*\*) Revue Universelle de Mines. 1894. XXVII. стр. 142.

Химический составъ.	№ I.						№ II.						№ III.											
	Никелевая сталь.						Мягкая сталь.						Твердая сталь											
	C-0,06; Si-0,01; S-0,02; P-0,016; Mn-0,35; Ni-7,5%						C-0,06; Si-0,01; S-0,03; P-0,022; Mn-0,3%						C-0,55; Si-0,2; S-0,03; P-0,047; Mn-0,7%											
СОСТОЯНІЕ ПРОБНАГО БРУСКА.	Пределъ ра- внобѣсія.		Начало знача- тельнаго удлин- енія.		Пределъ упруг.		Разрывающій грузъ.		Удлиненіе при дл. въ 100 мм.		Сжатіе съче- нїа.		Пределъ ра- внобѣсія.		Начало знача- тельнаго удлин- енія.		Пределъ упру- гости.		Разрывающій грузъ.		Удлиненіе при дл. въ 100 мм.		Сжатіе съче- нїа.	
	Килограм. на 1 кв. мм.		проценты.		Килогр. 1 кв. мм.		проценты.		Килогр. на 1 кв. мм.		проценты.		Килогр. на 1 кв. мм.		проценты.		Килогр. на 1 кв. мм.		проценты.		Килогр. на 1 кв. мм.		проценты.	
	Незакаленный . . . . .	24,8	31,5	40,5	54,0	24,3	60,4	11,6	19,5	21,0	37,9	29,4	64,9									51,6	86,0	12,1
Закаленный въ водѣ при 900-ц.	45,2	59,4	107,0	125,5	10,2	50,5	18,0	22,5	33,0	48,6	23,4	57,4									53,2	73,9	2,2	0,9
Закал. въ водѣ при 900° ц. от- пущенная до 500° ц. . . . .	41,8	55,0	82,3	82,7	12,5	61,2	11,8	21,2	27,5	39,6	34,6	67,9									80,2	102,9	7,7	27,3
Закален. въ маслѣ при 900° ц.	39,2	56,4	97,3	99,6	9,9	42,3	15,6	22,7	31,6	43,7	29,4	66,2									71,6	93,4	1,8	4,7
Закаленный въ маслѣ при 900° ц. отпущ. до 500° ц. . . . .	35,0	52,9	81,0	84,0	12,2	52,5	14,6	17,6	24,1	38,1	29,2	67,7									78,8	106,0	9,8	27,3

Таблица XLV.

нiемъ никкеля и безъ него, а также твердую сталь, при чемъ сталь была по возможности чиста въ отношенiи всѣхъ примѣсей. Результаты испытанiй показаны въ нижеприведенной таблицѣ XLV

Всѣ числа говорятъ въ пользу прибавленiя никкеля, при которомъ особенно возрастаетъ предѣлъ упругости и прочность. Удлиненiе послѣ закалки не можетъ быть сравниваемо между № I и II-мъ, такъ какъ мягкая сталь не принимаетъ закалки, а сравненiе между № I и III-мъ говорить въ пользу никкелевой стали также и въ отношенiи удлиненiя и сжатiя.

О различii въ наружномъ видѣ излома Купельвизеръ \*) говорить слѣдующее: изломъ закаленный углеродистой стали имѣетъ сухой, зернистый видъ, а изломъ закаленной никкелевой стали имѣетъ шелковистый видъ, похожiй на изломъ незакаленной стали. Испытанiя изгибомъ никкелевой стали подтверждаютъ слѣдствiя пробъ разрывомъ. Закаленная углеродистая сталь ломается отъ одного удара молотка, а закаленная никкелевая сгибается безъ трещины.

В. Л. Остинъ \*\*) говорить, что никкелевая сталь при незначительномъ содержанiи никкеля (3—4 %) обладаетъ большею прочностью при соответственномъ предѣлѣ упругости. Но эти свойства вовсе не подтверждаются при высокомъ содержанiи никкеля.

И. Эренвертъ \*\*\*) сообщаетъ слѣдующiя данныя о свойствахъ никкелевой стали американскаго завода «Sandian Correg Company». Для испытанiя были дѣланы пробныя плавки; для каждаго пробнаго бруска разрубали пополамъ болванку и изъ середины брали кусокъ стали, проковывали до сѣченiя  $38 \times 37$  мм. и затѣмъ обтачивали въ брусокъ діам. 15,87 мм. при длинѣ между мѣтками въ 50,8 мм. Результаты помѣщены въ таблицѣ XLVI.

На заводѣ д'Эмфи производили много изслѣдованiй надъ никкелевою сталью въ особенности съ большимъ содержанiемъ никкеля. Изъ этихъ изслѣдованiй подробно описанныхъ инженеромъ Абрагамомъ \*\*\*\*) можно вывести слѣдующiя заключенiя:

Закалка никкелевой стали, сопровождаемая соответственнымъ отжигомъ, увеличиваетъ прочность, а въ особенности возвышаетъ предѣлъ упругости, уменьшаетъ удлиненiе, но увеличиваетъ одновременно сжатiе сѣченiя, что очень важно при деформациі отъ выстрѣловъ.

Сталь съ 1,1 % Cr и 2,5 % Ni, закаленная при вышнемомъ цвѣтѣ и отпущенная до 550° дала сопротив. раз. 90 кил. при предѣлѣ упругости въ

\*) Oesterrich. Zeistchir. für Berg und Hüttenwesen. 1895 г. стр. 270.

\*\*) Engineering Magazine. 1894 г. Ноябрь 224 стр.

\*\*\*) Oesterrich Zeistchir. für Berg und Hüttenwesen. 1895 г. 51 стр.

\*\*\*\*) Annales de Mines 1896 г. Livraisen 9. стр. 226 no 330.

Таблица XLVI.

№ плавки.	Содерж. в %		Разрывющ. груз. в кг. на 1 кв. мм.	Сжатие св-ченія в %	Удлинение в %	Длина в мм.	ВИДЪ ИЗЛОМА.
	Углерод.	Никкеля.					
14	0,16	3,35	72,27	29,1	15,0	50,8	Шелловистый.
14	0,16	3,35	70,75	48,1	27,0	—	"
19	0,19	2,62	99,19	24,8	11,9	208,2	Сърый.
13	0,22	2,05	62,48	34,6	20,5	50,8	"
13	0,22	2,05	59,50	55,4	31,5	50,8	"
13	0,22	2,05	58,38	58,2	25,1	203,2	"
15	0,31	3,40	76,70	24,4	17,0	50,8	"
15	0,31	3,40	70,86	49,2	26,0	50,8	"
15	0,31	3,40	68,98	44,4	20,0	203,2	Шелловистый.
41	0,51	4,93	89,33	27,10	16,0	50,8	Кристаллический.
24	0,54	3,20	92,33	12,70	10,5	50,8	Сърый.
24	0,54	3,20	94,48	36,70	14,3	203,2	"
29	0,96	3,10	106,77	12,90	8,0	203,2	"
34	0,91	3,10	97,01	22,30	9,88	203,2	"

80К. Въ мягкой стали 1% Ni не увеличиваетъ твердости, но дѣлаетъ ея строеніе однороднымъ; послѣ закалки и отпуска сталь становится мелко кристаллической, даже волокнистой для невооруженнаго глаза.

Для пушекъ примѣняютъ никкелевую сталь (на зав. Эмфи) состава: С—0,3—0,5%; Si—0,2—0,25%; S—0,01%; P—0,015%; Mn—0,38—0,42%; Ni—2—2,25%; Cr—0,0. Сталь эта хорошо куется при вышневомъ цвѣтѣ и выше. Поперечные бруски изъ этой стали дали результаты.

Сопрот. раз.— пред. упр.— удлин. %

Проба закал. при вышн. цвѣтѣ и отпущена при темно-красн. . .	55—60.	35—38.	19—20.
Проба зак. при вышн. цв. и отпущена при темпер. восплам. дерева .	65—70.	50—32.	16—17.

Увеличеніе содержанія никкеля не дало хорошихъ результатовъ, такъ какъ въ стали, содержащей выше 2,5% Ni, образуются игольчатые кристаллы. Если болванка медленно остываетъ, или благодаря своимъ размѣрамъ, или по слишкомъ горячей стали при выкуекѣ, то внутри массы стали образуются длинные, игольчатые кристаллы, которыхъ нельзя видоизмѣнить никакой обработкой; при прожовкѣ кристаллы располагаются вдоль оси болванокъ и поперечныя пробы рвутся безъ удлиненія и сжатія, обладая яснокристаллическимъ строеніемъ.

Изъ различныхъ родовъ богатой никкелемъ стали заводъ д'Эмфа при-

готовить одинъ, особенно выдающийся подь маркою XС<sub>4</sub>, состава. С — 0,3 — 0,5; Si — 0,1 — 0,3; Mn — 0,3 — 0,5; Cr — 2 — 2,5 и Ni 23 — 26%:

Механическія свойства:	разр. гр.	пред. упр.—	удлин. %	сжатіе %
Литая сталь . . . . .	70	40	45	70
Закаленная при вишн. цв. . . . .	80	35	60	60
Закал. при темпер. восп. дер. и отт.	70	50	25	50

Сталь марки № С 4 готовится заводомъ д'Эмфи изъ мартеновскихъ печей, что сопряжено однако съ нѣкоторыми затрудненіями. Такъ какъ сталь эта очень богата никкелемъ, то приходится заваливать отъ предыдущихъ никкелевыхъ плавокъ, большее количество обрѣзковъ и стружекъ, которыя не помѣщаются сразу въ печь, что удлиняетъ время завалки. Окончаніе плавки по литой пробѣ также очень затруднительно, такъ какъ присутствіе большого количества никкеля въ стали затемняетъ содержаніе въ ней углерода; однако колебанія углерода 0,3 и 0,8% не вліяютъ на сталь. Количество хрома, переходящаго въ шлакъ, очень непостоянно, такъ какъ зависитъ отъ степени окисленности ванны. Для ориентированія въ положеніи плавки нашли возможнымъ примѣненіе литой некованной пробы, въ видѣ квадратнаго бруска, который ломаютъ подь молотомъ и по излому судятъ о ходѣ плавки. Последнюю ведутъ слѣдующимъ образомъ: около  $\frac{2}{3}$  всего количества никкеля необходимаго въ шихтѣ, вводятъ въ печь вмѣстѣ съ завалкою, а остальную  $\frac{1}{3}$  никкеля — послѣ расплавленія всей завалки. Передъ самымъ концомъ плавки вводятъ необходимое количество хрома въ видѣ 50% ферро-хрома, перемишиваютъ ванну, прибавляютъ ферро-марганецъ и выпускаютъ плавку.

При ковкѣ этой стали приходится соблюдать нѣкоторыя предосторожности, такъ какъ сталь при несоотвѣтственной температурѣ даетъ во времяковки много поверхностныхъ трещинъ. Поэтому ковку начинаютъ при свѣтловишневомъ цвѣтѣ и кончаютъ при темновিশневомъ — трещинъ при этихъ условіяхъ не получается.

Свойства этой стали замѣчательно улучшаются закалкою при вишнево-красномъ цвѣтѣ и отпускомъ до температуры воспламененія дерева.

Другой сортъ стали обозначенъ маркою № 12, 5; составъ его: С — 0,3; Si — 0,15; Mn — 0,25; Ni — 12,1; Cr — 0,81%. Свойства:

	разр. гр.	удлин. %	сжатіе сѣч.
Проба литая . . . . .	180,9	3,4	9
» отож. до темп. воспл. дер.	129,9	9,5	56

Сталь эта обрабатывается относительно легко послѣ отжига до температуры воспламененія дерева. Однако при ея обтачиваніи слѣдуетъ давать тихій ходъ станкамъ и точить насухо, безъ смазки масломъ и т. п.

Сталь съ содержаніемъ никкеля выше 25% отличается замѣчательными магнитными свойствами. Въ этомъ отношеніи особенно достойна вниманія



сталь съ 36% Ni. Она чрезвычайно однородна, не поддается дѣйствию влажнаго воздуха, чрезвычайно мало расширяется при нагрѣваніи, ея коэф. расширенія = 0,8 микрона (тысячная миллиметра) между тѣмъ какъ коэфф. расширенія иридиевой платины 8 мик. считается до сихъ поръ очень малымъ. Относительно магнитныхъ свойствъ Гюлемъ нашелъ, что всякая никкелевая сталь магнитна, но что свойство это связано съ температурою, такъ напр. при обыкновенной температурѣ магнитная сталь до содержанія Ni въ 18%, съ 18 до 30% Ni сталь не магнитна при обыкновенной температурѣ (но магнитна при высшей темп.), а выше 30% Ni опять магнитна при обыкновенной температурѣ.

На заводѣ «Кливелэндъ Роллингъ Милль» для полученія никкелевой стали примѣняли слѣдующую шихту въ основныхъ печахъ:

Мелочи — 4077 кил.; чугуна съ малымъ содержаніемъ фосфора — 4077 кил. 80%-го ферромарганца — 74,75 кил. и 97%-го никкеля — 244,62 кил. Сталь получалась состава: C—0,08%; Mn—0,36%; P—0,045%; S—0,038; Ni — 2,69%. Механическія испытанія ея дали результаты: прочность 45,05—47,17 кил. предѣлъ упруг. 31,42—34,57; удлиненіе 23,25—26,0%; умѣньш. сѣченія 45,1—54,4%.

Ф. Сперри говоритъ о разнородныхъ примѣненіяхъ никкелевой стали и между прочимъ указываетъ на пустотѣлые пароходные валы, приготовленные на заводѣ «Бетлеемъ Стронъ компани». Наруж. ихъ діам. былъ = 432 м., а внутр. = 280 м., слѣдов. толщина стѣнокъ составляла 76 мм. длина 11,871 м. и вѣсъ 8670 кил. Испытанія прокованныхъ и закаленныхъ въ маслѣ пробъ дали слѣдующіе результаты: прочность 63,51—66,25 кил. предѣлъ упр. 39,70—42,72 кил., удлин. 25,55—28,0% уменьш. сѣченія 59,81—61,33%. Замѣчательно, что предѣлъ упругости этихъ валовъ почти равенъ разрывающему грузу обыкновенной мягкой стали съ вышеуказаннымъ удлин. и сжат. сѣченія. Проф. Мансфильдъ вычислялъ, что сплошные валы изъ обыкновен. стали, прочность которыхъ была бы равна прочности никкелевыхъ, должны имѣть вдвое большій діам. при чемъ вѣсъ ихъ погоннаго метра составлялъ бы 1188 кил. а вѣсъ пог. м. пустотѣлыхъ никкелевыхъ валовъ былъ только 558 к.

Развитіе современныхъ пароходныхъ машинъ требуетъ уменьшенія вѣса ихъ частей, что легко достижимо примѣненіемъ никкелевой стали. Благодаря свойству никкелевой стали, слабо растворяться въ морской водѣ, никкелевая жечь. по словамъ Сперри, при никкелевыхъ же гвоздяхъ составляетъ идеальную обшивку для кораблей.

Никкелевая сталь съ 30% Ni, по Сперри, также легко протягивается въ проволоку какъ обыкновенная сталь. Проволока содержащая много никкеля особенно пригодна для подводныхъ кабелей, по малой раздѣаемости никкеля соленою морскою водою. Проба никкелевой стали

проволоки съ 27,8% Ni и 0,4% С, которая должна была служить стѣжкой для защиты броненосцевъ отъ подводныхъ минъ, дала слѣдующіе результаты: уменьшеніе сѣченія 16,5%, удлиненіе 6,25% и сопротивленіе разрыву—139,68 кил. Большая прочность этой проволоки при значительномъ удлинении и сжатии говоритъ въ пользу чрезвычайной тягучести этого матеріала, воплѣвъ отвѣчающаго требованіямъ морской техники, еще и потому что морская вода его не растворяетъ.

Къ числу разновидностей никкелевой стали можетъ быть отнесена патентованная сталь \*) для блиндажныхъ плитъ. Послѣднія готовятся изъ однородной стали причѣмъ вслѣдствіе соотвѣтственной обработки одна поверхность плиты обладаетъ наибольшей твердостью, а другая—наибольшей мягкостью, между тѣмъ какъ внутренній слой представляетъ постепенный переходъ между ними. Цѣль эта достигается двумя послѣдовательными нагрѣваніями плитъ: первое до темно-краснаго цвѣта съ цѣлью сообщенія всей плитѣ мягкости и второе почти до свѣтлаго виннево-краснаго цвѣта ради закалки одной стороны плиты, причѣмъ между обоими нагрѣваніями охлаждается плита на воздухѣ, или въ золь. Сталь должна быть свободна отъ сѣры и фосфора и содержать отъ 5—15% Ni или Со или же 2—12% Mn. Эти элементы необходимы, чтобы сообщить стали мягкость при слабомъ нагрѣваніи и твердость—при высокомъ нагрѣвѣ, причѣмъ оба нагрѣванія не вліяютъ на измѣненія химическаго состава стали. Проковка и прокатка отлитыхъ (но не обработанныхъ) плитъ происходитъ обыкновеннымъ способомъ. Первое нагрѣваніе плитъ выполняется въ холодныхъ печахъ, которыя медленно разогрѣваются, причѣмъ плиты съ малымъ содержаніемъ Ni, Со и Mn нагрѣваются до темно-краснаго каленія, а плиты богатые этими элементами—нагрѣваются до начинающагося краснаго цвѣта. Нагрѣваніе можетъ быть производимо также въ свинцовой ваннѣ. Полученныя такимъ образомъ плиты обладаютъ предѣломъ упругости въ 60 до 75 кил. на 1 кв. мм. Химическій составъ стали показанъ въ таблицѣ XLVII.

Плиты сначала прокатываются, а потомъ закаливаются. При нагрѣваніи для закалки сторона, которую желаютъ оставить мягкой охлаждается водою, или воздухомъ такъ, чтобы температура ея ни въ какомъ случаѣ не достигала 450—500° Ц. Для этой цѣли плиты укрѣпляютъ къ кладкѣ печи такъ, что плита составляетъ наружную стѣнку печи, въ которой внутренняя сторона плиты нагрѣвается до свѣтло-краснаго цвѣта. Когда вся внутренняя поверхность плиты равномерно нагрѣется до вышеуказанной температуры, плиту вынимаютъ изъ печи и даютъ ей остыть на воздухѣ, причѣмъ нагрѣтая сторона плиты становится настолько твердой, что не поддается дѣйствию стальныхъ инструментовъ.

\*) Британскій патентъ отъ 15 марта 1897 г. за № 6784 I. Вергъ въ Парижѣ.

Таблица XLVII.

Для тонкихъ плитъ.	Для толст. плиты.	Для другой толст. плиты.
C—0,30—0,35 %	0,35—0,40 %	0,35—0,40 %
Si—0,10—0,12 >	0,10—0,15 > 75—80 к.	0,10—0,12 > 80—85 к.
S—0,02—0,04 >	0,02—0,04 > разр. гр.	0,02—0,04 > разр. гр.
P—0,02—0,05 >	0,02—0,05 > 90—100 к.	0,02—0,05 100—105 к.
Mn—0,30—0,40 >	0,35—0,60 > удлин.	2,50—3,50 удлин.
Cr—0,35—0,45 >	0,80—1,20 > при 100mm дл.	0,30—0,45 > при 100 mm дл.
Ni—5,50—7,00 >	12,00—14,00 > 17—15%.	6,00—8,00 > 12—10%

Предѣлъ упруг. 50—55 к.  
 Разрыв. грузъ 70—78 к.  
 Удлинен. при 100 mm дл. 25—20%

Пробы, приготовленныя съ большими затрудненіями дали результаты механическихъ испытаній слѣдующіе: предѣлъ упруг. 100—140 кил. сопр. разрыву 130—180 кил. при удлиненіи 12—4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Судя по этимъ результатамъ плиты такого приготовленія должны хорошо сопротивляться ударамъ снарядовъ.

ГЛАВА II.

Марганцовая сталь.

Р. А. Гэдфильдъ въ 1888 г. сообщилъ о полученіи имъ сплава углеродистаго желѣза съ 7—22<sup>0</sup>/<sub>0</sub> марганца. Сплавъ этотъ, по мнѣнію Р. Мюссэ\*), также мало заслуживаетъ названіе стали, какъ латунь—названіемъ ди. Но Гэдфильдъ различаетъ три класса стали: I-й—сталь, состоящая изъ желѣза и углерода, II-й—изъ желѣза углерода и третьяго элемента—и III-й—изъ желѣза и другого элемента безъ углерода. Свойства марганцовой стали отвѣчаютъ этому подраздѣленію. Фарадей приготовилъ сплавъ желѣза съ иридиемъ безъ углерода, который обладалъ всѣми свойствами стали; онъ относится къ III-й категоріи Гэдфильда. Г. М. Гоцъ \*\*) въ докладѣ институту желѣзной и стальной промышленности въ Нью-Йоркѣ 1891 г. тоже сохраняетъ за даннымъ сплавомъ названіе марганцовой стали. Относительно состава Гэдфильда и Гоуэ нѣсколько расходятся въ приводимыхъ ими, цифрахъ. Первый говоритъ, что при содержаніи марганца въ 2,75<sup>0</sup>/<sub>0</sub> сталь становится вполнѣ хрупкою и непригодною для издѣлій; она похожа на стекло по своей хрупкости. Если содержаніе марганца превзойдетъ 7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, то получается совершенно новый металлъ, обладающій необыкновенной прочностью и тягучестью до тѣхъ поръ,

\*) Stal und Eisen. 1888 г. № 5, стр. 301.

\*\*) Stal und Eisen. 1891 г. № 12, стр. 993.

пока содержаніе марганца не превзойдетъ 20<sup>0</sup>/. Между тѣмъ, какъ Гоуэ даетъ слѣдующія цифры: при 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/о марганца уменьшается прочность и тягучесть и возрастаетъ хрупкость стали, максимумъ этихъ измѣненій получается при 6<sup>0</sup>/% Mn, выше 6<sup>0</sup>/% возрастаетъ прочность и тягучесть, достигая максимума при 14<sup>0</sup>/% Mn; при этомъ содержаніи марганца сталь настолько тверда, что съ трудомъ обрабатывается стальными инструментами. При содержаніи марганца въ 15<sup>0</sup>/% тягучесть вдругъ уменьшается, между тѣмъ какъ прочность остается почти безъ измѣненія до 18<sup>0</sup>/% Mn, при которыхъ она тоже вдругъ исчезаетъ. Дальше говоритъ Гоуэ, что сталь съ 4—6,5<sup>0</sup>/% Mn при 0,37<sup>0</sup>/% C. такъ хрупка, что можетъ быть въ холодномъ состояніи раздроблена молоткомъ въ порошокъ. Это одинъ изъ рѣдкихъ случаевъ чрезвычайнаго различія смѣси отъ составляющихъ ее частей. Къ числу свойствъ марганцовой стали слѣдуетъ отнести: плотность при отливкѣ съ полнымъ отсутствіемъ пузырей, трудность сварки, возрастаніе тягучести при отпускѣ до желтаго цвѣта, чрезвычайно большое сопротивленіе электричеству, постоянное при различныхъ температурахъ, малая теплопроводность, но важнѣйшее соединеніе твердости съ большею прочностью при удивительно большей тягучести; твердость не измѣняется существенно при отжигѣ.

Гэдфильдъ говоритъ, что если нагрѣтую марганцовую сталь опустить въ воду, то она пріобрѣтаетъ совершенно другія свойства, чѣмъ обыкновенная сталь; она не закаливается, хотя и становится нѣсколько тверже, но не въ такомъ родѣ, какъ обыкновенная сталь, а именно: закаленная марганцовая сталь легко обрабатывается напилькомъ, прочность ея возрастаетъ при одновременномъ увеличеніи тягучести; измѣненія эти тѣмъ больше, чѣмъ выше была нагрѣта и быстрѣе охлаждена марганцовая сталь. Въ нижеприведенной таблицѣ XLVIII собраны результаты испытаній марганцовой стали, указанные Гэдфильдомъ.

Таблица XLVIII.

Химич. составъ.			Неотожженная.		Отожженная.		ЗАКАЛЕННАЯ.			
							въ маслѣ.		въ водѣ.	
С.	Si.	Mn.	Сопр. раз. кнл	Удли. въ %	Сопротив. разр. кнл.	Удли. въ %	Сопр. вѣ кнл.	Удли. въ %	Сопр. р. въ раз.	Удли. въ %
0,52	0,37	6,95	39,9	1,5	33,1	2,3	29,4	1,5	36,5	1,5
0,61	0,30	9,37	51,2	5,4	59,2	15,6	59,9	14,8	61,0	14,8
0,85	0,37	12,29	61,7	3,5	—	—	—	—	95,2	39,9
1,10	0,16	12,60	61,6	2,3	58,2	10,9	78,9	28,1	84,6	27,3
0,85	0,28	14,01	57,2	1,5	72,5	14,0	86,5	26,5	102,7	44,4
1,54	0,16	18,40	80,4	0,8	50,9	0,8	—	—	83,5	10,1
2,10	0,46	21,70	56,4	8,6	52,8	11,7	52,2	10,9	—	—

Закалка марганцовой стали въ маслѣ оказываетъ меньше на нее вліянія, чѣмъ въ водѣ, вѣроятно вслѣдствіе дурной теплопроводности масла. По Чернову вліяніе закалки въ маслѣ на обыкновенную сталь выражается въ образованіи мелко-кристаллическаго строенія, при которомъ сталь обладаетъ большею прочностью, нежели при крупнокристаллическомъ строеніи, которое было до закалки. Но если при марганцовой стали можно констатировать какое-либо измѣненіе въ структурѣ отъ закалки, то скорѣе можно отмѣтить увеличеніе, чѣмъ уменьшеніе зерна при закалкѣ. Проф. Баррэ констатировалъ еще одно свойство марганцовой стали, а именно, что въ ней, обратно обыкновенной стали, при остываніи не наблюдается явленій повышенія температуры.

При нагрѣваніи марганцовой стали дляковки \*) слѣдуетъ соблюдать предосторожности, такъ какъ она легче даетъ трещины съ поверхности, нежели обыкновенная сталь. Гоуэ рекомендуетъ вовсе не охлаждать отлитыхъ болванокъ, а тотчасъ же послѣ застыванія помѣщать ихъ въ нагрѣвательныя печи, чтобы уравнивать разницу между наружной и внутренней температурой болванки.

Въ прокаткѣ и проковкѣ марганцовая сталь почти не отличается отъ обыкновенной, съ содержаніемъ углерода въ 1,25—1,5%; изъ нея не трудно прокатать листы въ 1,2 мм. толщиною, а также вытягивать проволоку въ  $\frac{1}{4}$  мм. діам.

Примѣненія марганцовой стали различны: она особенно пригодна для землечерпательныхъ машинъ, цѣпей, зубчатыхъ колесъ, броневыхъ плитъ и пр. По мнѣнію Гоуэ марганцовая сталь можетъ замѣнить при электричествѣ дорогой мельхіоръ, или платиноидъ (сплавъ изъ 35 ч. Ni, 60 ч. Pt. 2 ч. Au и 3r Fe).

Помимо этого, распространеніе марганцовой стали ограничено по причинѣ ея дороговизны, а также значительной твердости, которой она обладаетъ въ холодномъ состояніи при точкѣ, строжкѣ, сверленіи и пр.

По Боретшу \*\*) электропроводность марганцовой стали въ 30 разъ больше, чѣмъ мѣди. Удѣльный вѣсъ ея 7,81, коэффициентъ расширенія между 0 и 100° равенъ 0,0000 245, т. е. значительно болѣе обыкновенной стали съ тѣмъ же содержаніемъ углерода, для которой этотъ коэффициентъ = 0,0000 150.

Удлиненіе закаленного пробнаго бруска \*\*\*) происходитъ по всей его длинѣ, безъ уменьшенія сѣченія въ какомъ либо мѣстѣ (образованіе шейки). На этомъ основаніи можно произвести слѣдующій опытъ: вытянуть пробный брусокъ до 30%, нагрѣть, закалить и вытянуть вторично и т. д.

\*) Ледебуръ. Горный Журналъ. 1894 г. I т. 342 стр.

\*\*) La Metallurgie № 20, стр. 776 за 1893 г.

\*\*\*) Тамъ-же.

Послѣ семикратнаго закаливанія и вытягиванія получилось удлиненіе въ 190%. Цифра громадная и можетъ быть приписана только неизвѣстнымъ свойствамъ закаленной, марганцовой стали.

Въ заключеніе приведу испытанія марганцовой стали, произведенныя въ С.-Шамо начальникомъ завода Ле-Шателъе. Составъ испытуемой стали былъ: 13,9% марганца и 1,36% углерода. Размѣры пробныхъ брусковъ для разрыва: длина 88 мм., диаметръ 8 мм., а для изгиба—длина 70 мм., ширина 24 мм. и толщина 9 мм. Испытанія эти подтверждаютъ данныя Гэдфильда; они приведены ниже:

Проба.	Цвѣтъ нагрѣва.	Разрывъ грузъ въ кил. на кв.мм.	Удлиненіе въ %.	Изгибъ.
Незакаленная . . . . .	—	81,43	1,25	Сломалась при 170°
Закал. въ маслѣ . . . . .	Красный.	80,90	18,90	» » 150°
» » водѣ . . . . .	Желтый.	91,20	35,00	Согнулась вполнѣ.
Закал. въ охлажд. см. . . . .	»	106,90	51,80	» »

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

### Объ углеродѣ.

Благодаря трудамъ Осмонда и Верта, Ледебуря, Сорби и др. въ настоящее время различаютъ \*) слѣдующія четыре разновидности углерода въ чугунахъ и сталяхъ:

I. *Углеродъ закала* (англ. hardnig carbon, нѣм. härtendes Kohlenstoff)—это растворенный въ желѣзѣ углеродъ.

II. *Карбидъ* (carbide, carbur, cementirtes C.) — углеродъ химически соединенный съ желѣзомъ по формулѣ: Fe<sub>3</sub>C.

III. *Графитъ*—заключающийся въ желѣзѣ въ видѣ кристаллическаго углерода.

IV. *Изолированный углеродъ* (аморфный графитъ) выделяется при продолжительной цементации, которая не была доведена до температуры плавленія.

Хотя эти разновидности углерода, въ особенности I-ое и II-ое имѣютъ еще противниковъ, но большинство признало ихъ существованіе въ сталяхъ.

Слѣдуетъ предполагать, что во время обработки стали при различныхъ температурахъ встрѣчаются еще другія видоизмѣненія углерода, которыхъ къ сожалѣнію до сихъ поръ не удалось опредѣлить, помимо ихъ важнаго практическаго значенія дляковки и прокатки, въ противоположность вышеупомянутымъ четыремъ видоизмѣненіямъ углерода въ холодномъ состояніи, которыя имѣютъ болѣе теоретическое, чѣмъ практическое значе-

\*) Berg und Hütten. Zeit. 1899 г. № 12 стр. 136.

не. Особенное значеніе имѣютъ они для закалки стали, а потому и должны быть подробно рассматриваемы въ той части металлургіи стали.

Находится-ли углеродъ въ свободномъ состояніи, или соединенъ съ водородомъ и окисью углерода—неизвѣстно, хотя вопросъ этотъ въ настоящее время изслѣдуется многими учеными, какъ представляющій живѣйшій интересъ какъ въ научномъ, такъ и въ практическомъ отношеніи.

Нѣкоторые принимаютъ что весь углеродъ находится въ связанномъ состояніи съ желѣзомъ и его примѣсями; для примѣра приведу по Пондзіеру \*\*), составъ чугуна, анализъ котораго:

<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Fe</i>
1,0	1,50	3,50	1,40	0,01	92,59%

НАЗВАНІЕ СОЕДИНЕНІЯ.	Хим. формула.	Проценты:	
		Отъ каж. элемента.	Всего.
Карбидъ марганца . . . . .	$MnC_2$ . . . . .	$Mn-1,00$ $C-0,40$	1,40
Кремнистый марганецъ . . . . .	$MnSi_3$ . . . . .	$Mn-0,50$ $Si-0,14$	0,64
Фосфористый марганецъ . . . . .	$MnP_2$ . . . . .	—	Слѣды.
Сѣрнистый марганецъ . . . . .	$MnS$ . . . . .	—	"
Карбида желѣза . . . . .	$Fe_3C$ . . . . .	$Fe-43,4$ $C-3,1$	46,5
Кремнистое желѣзо . . . . .	$FeSi$ . . . . .	$Fe-1,72$ $Si-0,86$	2,58
Фосфористое желѣзо . . . . .	$Fe_3P$ . . . . .	$Fe-7,58$ $P-1,40$	8,98
Сѣрнистое желѣзо . . . . .	$FeS$ . . . . .	—	Слѣды.
Чистое желѣзо . . . . .	$Fe$ . . . . .	—	39,9
Всего . . . . .	—	—	100,00

Хотя видоизмѣненія углерода при высокой температурѣ неизвѣстны, но за то имѣются нѣкоторыя данныя относительно переходовъ самаго желѣза при нагрѣваніи для обработки, а именно различаютъ:

I. Мартензитъ (по Осмонду) или сплавъ желѣза съ марганцемъ, никелемъ, кобальтомъ, хромомъ и пр., составляетъ важнѣйшую часть стали, представляя желѣзо въ растворѣ цементита, или карбида желѣза (нѣм. Ферритъ).

\*\* ) Iron and Steel Institute. 1899 T. LIІ стр. 98.

II. Перлитъ по Сорби, смѣсь мартензита и цементита въ перемежающихся другъ съ другомъ частицахъ (въ цементной стали).

III. Сорбитъ, Труститъ и Остенитъ по Османду.

Разновидности эти, ясно различаемыя подъ микроскопомъ, вѣроятно въ будущемъ будутъ имѣть практическое значеніе.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### О фосфорѣ.

Извѣстно, что одно и то-же количество фосфора оказываетъ различное вліяніе на различные сорта желѣза и стали. Особенно чувствительной на содержаніе фосфора является сталь \*), менѣе—твердое кричное желѣзо. II. Риттеръ фонъ-Туннеръ \*\*) нашель, что лучшіе сорта твердой стали по анализамъ содержатъ лишь 0,01—0,02% P; существенно худшіе сорта стали получаютъ при содержаніи 0,03—0,06% P; между тѣмъ какъ еще хорошее кричное желѣзо бываетъ съ содержаніемъ 0,2—0,3% P, а хорошее пудлинговое желѣзо можетъ содержать до 0,5% P. Оккерманъ объясняетъ хладноломкость желѣза и стали въ присутствіи фосфора ихъ строеніемъ. Онъ говоритъ «что изломъ хладноломкаго желѣза, подобно сожженному желѣзу, всегда крупно кристаллическъ, листоватъ и сильно блестящъ. Малая прочность такого желѣза зависитъ отъ его кристаллическаго сложенія. Сталь уже при высокомъ содержаніи углерода имѣетъ склонность къ кристаллическому строенію, но достаточно незначительнаго количества фосфора, чтобы ее всю превратить въ кристаллическую. Всѣ сорта стали, даже самой мягкой, какъ получаемые въ жидкомъ видѣ, при медленномъ остываніи склонны кристаллизоваться, поэтому они очень чувствительны къ фосфору сильно увеличивающему способность кристаллизоваться. Продолжительное нагрѣваніе точно также сообщаетъ желѣзу кристаллическое строеніе, а потому и хладноломкость сожженнаго желѣза и стали тѣмъ значительнѣе, чѣмъ выше была температура нагрѣва. Соотвѣтственная механическая обработка устраняетъ листоватое и крупнокристаллическое строеніе тѣмъ легче, чѣмъ меньше содержаніе углерода и фосфора въ обрабатываемомъ матеріалѣ.

Обратно этой теоріи Оккермана, вполне согласующейся съ практи-

\*) Г. Юптнеръ: Stahl und Eisen 1807 г. № 13 ст. 524.

Iron and Steel Institute. L. T. 1897.

\*\*) Oesterreich Zeitschrift f. Ber. u. Hüt.



кою, проф. Б. В. Чиверъ \*) приписываетъ различіе въ дѣйствиі одного и того же количество фосфора на различные сорта желѣза и стали двумъ соединеніямъ, въ видѣ которыхъ фосфоръ заключается въ желѣзѣ, а именно: фосфористымъ и фосфорнокислымъ соединеніямъ (послѣднія въ видѣ примѣсей шлака) желѣза. Л. Шнейдеръ \*\*) доказалъ обстоятельно, что мнѣніе Чивера неосновательно, такъ какъ онъ невѣрно опредѣлялъ содержаніе фосфора въ металлѣ и шлакахъ.

Въ 1894 г. Г. Юпнеръ тоже дѣлалъ попытку разрѣшить этотъ вопросъ.

Извѣстно, что при раствореніи богатаго фосфоромъ чугуна въ слабыхъ кислотахъ на ряду съ другими газами выдѣляется и фосфористый водородъ, а въ остаткѣ на ряду съ кремнеземомъ и другими соединеніями заключается и фосфористое желѣзо.

Л. Шнейдеръ \*\*\*) доказалъ анализами въ 1896 г. что въ бѣдныхъ марганцемъ чугунахъ, желѣзѣ и стали большая часть фосфора заключается въ видѣ фосфористаго желѣза, отвѣчающаго формулѣ  $Fe_3P$ , а въ богатыхъ марганцемъ матеріалахъ фосфоръ заключается въ видѣ фосфористаго марганца по формулѣ  $Mn_3P_2$ .

Фосфористое желѣзо разсѣяно по всей массѣ металла, бѣднаго фосфоромъ, въ видѣ порошкообразной, кристаллической примѣси. Фосфоръ способствуетъ образованію кристалловъ трудноплавкихъ соединеній желѣза, а самъ даетъ легкоплавкіе соединенія, отвердѣвающія подъ конецъ и потому не собирающіяся въ видѣ крупныхъ кристалловъ.

Изъ цѣлаго ряда анатомическихъ работъ надъ различными образцами бессемеровской и мартеновской стали Юпнеръ выводитъ слѣдующія заключенія. Болѣе или менѣе значительная часть общаго количества фосфора выдѣляется въ стали въ видѣ мелкихъ кристалловъ, составъ которыхъ:  $Fe_3P$  или  $Mn_3P_2$ , между тѣмъ какъ остальная часть фосфора распределена равномерно по всей массѣ металла. Первая часть фосфора очевидно сильно вліяетъ на свойства стали, между тѣмъ какъ вторая часть, разсѣянная по всей массѣ металла и окруженная имъ совершенно, вовсе не вліяетъ, или лишь въ незначительной степени понижаетъ механическія свойства металла и при послѣдующей обработкѣ металла по своей твердости иногда производить затрудненія.

Такъ какъ фосфористый марганецъ ( $Mn_3P_2$ ) содержитъ вдвое больше фосфора, нежели фосфористое желѣзо ( $Fe_3P$ ), то въ присутствіи марганца выдѣляющійся фосфоръ даетъ вдвое меньшее число отдѣльныхъ кристалловъ, а потому дѣйствіе его менѣе вредно, что давно извѣстно на прак-

\*) Transactions of the Am. Inst. of Mining Engin. томъ XV, стр. 448.

\*\*) Oester. Zeitschrift. f. Berg. u. Hüt. 1887. 31 ст. 361.

\*\*\*) Oester. Zeitschrift. f. Berg u. Hüt. 1896 стр. 736.

тикѣ. Весьма вѣроятно, что фосфористыя соединенія выдѣляются въ тѣхъ большихъ кристаллахъ, чѣмъ жиже или горячѣе былъ металлъ и чѣмъ медленнѣе онъ остывалъ, т. е. чѣмъ больше было времени кристалламъ фосфористыхъ соединеній для своего образованія.

На основаніи опытовъ надъ закаленной и отпущенной сталью Юштеръ говоритъ, что содержаніе фосфористаго желѣза въ стали уменьшается при закалкѣ и увеличивается при отпускѣ по сравненію съ содержаніемъ его въ отлитой непосредственно стали. На основаніи этого фосфоръ въ стали можно раздѣлить на два видоизмѣненія, подобно углероду: а) *вредное*, обуславливающее красноломкость и уменьшающееся при закалкѣ и б) *безразличное*—количество котораго въ стали уменьшается при отпускѣ.

Превращеніе одного видоизмѣненія фосфора въ другое происходитъ такъ же точно, какъ и при углеродѣ, но не простирается такъ далеко. Изслѣдованія Беренса и Ванъ-Линге \*) подтвердили предположеніе, что кристаллы фосфористаго желѣза заключаются въ частицахъ карбида. Фактъ, что способность стали закаливаться уменьшается при возрастаніи содержанія въ ней фосфора, указываетъ на то, что фосфоръ способствуетъ выдѣленію карбида. Съ другой стороны увеличивается вредное вліяніе фосфора съ возрастаніемъ химически соединеннаго углерода, а именно углерода закала. Отсюда можно вывести заключеніе, что существуетъ особенная химическая связь между обоими соединеніями; но очень возможно, что эти явленія вызываются физическими причинами, а именно: увеличеніемъ количества легкоплавкой части сплава, затвердѣвающей въ концѣ и облегчающей раздѣленіе кристалловъ фосфористаго желѣза и карбида. Изслѣдованія Осмонда и Верта 1887 года и приводимыя ими таблицы подтверждаютъ, что въ стали, богатой углеродомъ имѣется большее количество фосфора *безразлично*, чѣмъ въ мягкой стали. Поэтому если принять, что фосфоръ способствуетъ выдѣленію карбида, то имѣется вѣроятность, что и, наоборотъ, углеродъ способствуетъ выдѣленію фосфора. Вслѣдствіе этого явленія красноломкость не въ столь значительной мѣрѣ, или по крайней мѣрѣ не исключительно зависитъ отъ количества *вреднаго* фосфора. Слѣдуетъ принимать во вниманіе общее количество карбида и фосфористаго желѣза, такъ какъ они увеличиваютъ легкоплавкую, подъ конецъ затвердѣвающую, часть металла и существенно способствуютъ образованію кристалловъ въ частяхъ металла, затвердѣвающихся раньше. Е. Кампбелль и С. Бэбкокъ \*\*) сдѣлали изслѣдованія надъ вліяніемъ нагрѣва на растворимость фосфора въ стали при различномъ содержаніи углерода. Растворителемъ фосфора служила хлористая ртуть. Они пришли къ заключенію, что фосфоръ подобно углероду можетъ заключаться въ

\*) Zeitschrift für analytische Chemie. Fresenius. 33. стр. 512.

\*\*) The journal of the Iron and Steel Institute. T. LII. 1898 г. стр. 492.

стали по крайней мѣрѣ въ двухъ видоизмѣненіяхъ и что вліяніе фосфора на физическія свойства стали, его заключающей, столько же зависитъ отъ формы соединенія, въ видѣ котораго онъ находится, сколько и отъ количества. Эта способность фосфора существовать въ двухъ, или болѣе, видоизмѣненіяхъ въ стали съ измѣняющимся вліяніемъ на ея хрупкость, которая существенно зависитъ отъ формы соединенія фосфора, можетъ объяснить много существующихъ разногласій въ разъясненіяхъ, обыкновенно даваемыхъ металлургами, относительно свойствъ этого элемента.

Количество фосфора допускаемое по Одельштгерна для хорошей мягкой стали меньше 0,045%, а для твердой инструментальной ниже 0,03%. Въ большинствѣ случаевъ инструментальная шведская сталь содержитъ лишь до 0,022% фосфора.

## ГЛАВА ПЯТАЯ.

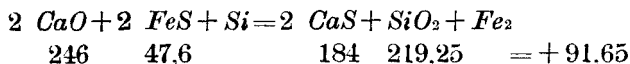
### О сѣрѣ.

Е. Л. Ридъ \*) говоритъ, что сѣра въ чугунѣ заключается въ видѣ сѣрнистыхъ соединеній отчасти потому, что при раствореніи въ кислотахъ она выдѣляется въ видѣ сѣрводорода, а отчасти и потому что существуетъ термохимическое равенство между сѣрнистыми марганцемъ и желѣзомъ. Сѣрнистое желѣзо образуется: или непосредственнымъ дѣйствіемъ желѣза на сѣру, или дѣйствіемъ паровъ сѣры на окись желѣза, или отъ разложенія желѣзомъ другихъ сѣрнистыхъ соединеній, или реакціей между металлическою сѣрою и окисью желѣза.

Сѣрнистые калий и натрій не разлагаются желѣзомъ, но при нѣкоторыхъ условіяхъ сѣрнистые кальцій и магній могутъ возстановляться желѣзомъ по реакціи:  $CaS + FeO = CaO + FeS$ . Значительный удѣльный вѣсъ и легкоплавкость сѣрнистаго желѣза обуславливаютъ скопленіе этого соединенія въ стали и неокисляемость его при окисленіи другихъ примѣсей стали. Въ процессѣ Массенеца уравненіе  $FeS + Mn = MnS + Fe$  экзотермично и часто имѣетъ мѣсто при плавленіи стали въ пламенныхъ печахъ. Прибавленія  $Na_2CO_3$  дѣлаетъ ходъ реакціи энергичнымъ. Примѣненіе плавиковога шпата, хлористаго кальція съ хлористымъ натріемъ для выдѣленія сѣры не дали удовлетворительныхъ результатовъ. Способъ Санитера, состоящій въ примѣненіи смѣси извести съ хлористымъ кальціемъ, далъ хорошіе результаты, но не получилъ широкаго практическаго примѣненія. Лучшіе результаты (по способу Санитера) получаются

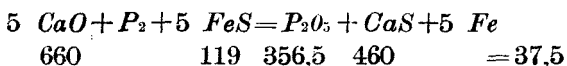
\*) The journal of the Iron and Steel Institute T. LII, 1898 г., стр. 395.

въ присутствіи кремнія и самое значительное выдѣленіе сѣры совпадаетъ съ полнымъ выдѣленіемъ кремнія, а въ его отсутствіи съ выдѣленіемъ фосфора. Для лучшаго дѣйствія смѣсь Санитера вводятъ въ печь возможно раньше, причѣмъ дѣйствіе ея тѣмъ лучше, чѣмъ выше температура. Выдѣленіе сѣры происходитъ не вслѣдствіе ея окисленія, а вслѣдствіе дѣйствія на нее основныхъ желѣзистыхъ шлаковъ. Хорошій примѣръ чему видимъ въ доменной плавкѣ, гдѣ полученіе сѣраго, кремнистаго чугуна при шлакахъ, содержащихъ избытокъ извести, обуславливаетъ низкое въ немъ содержаніе сѣры, для чего необходима высокая температура. Здѣсь очевидно возстановительное дѣйствіе кальція, извлекающаго сѣру изъ сѣристыхъ желѣза и марганца; тоже самое относится и къ мартеновскому процессу. Возстановленіе окиси кальція углеродомъ требуетъ громаднаго расхода теплоты, а возстановленіе кремніемъ идетъ гораздо легче, причѣмъ имѣетъ мѣсто слѣдующее экзотермическое уравненіе.



Снелюсъ и Сидъ высказались въ пользу этой реакціи.

Въ пламенномъ процессѣ сѣра выдѣляется главнымъ образомъ подъ конецъ плавки, что Ридъ приписываетъ дѣйствію фосфора по слѣдующему экзотермическому урав.



Оно имѣетъ мѣсто подъ конецъ плавки, когда вся известь растворена. Отсюда Ридъ выводитъ заключеніе, что возможно выдѣленіе сѣры изъ фосфористаго металла послѣ выдѣленія углерода, какъ въ основномъ бессемеровскомъ процессѣ и можетъ быть выгодно вести плавку въ кислыхъ конверторахъ для выдѣленія большей части углерода, а оканчивать ее въ основныхъ печахъ съ прибавленіемъ смѣси Санитера. Болѣе высокое содержаніе фосфора въ металлѣ кислыхъ плавокъ способствовало-бы лучшему выдѣленію сѣры \*), чѣмъ это имѣетъ мѣсто въ настоящее время.

По Одельшттерна высокихъ качествъ мягкая сталь не должна содержать больше 0,015% сѣры. Такъ какъ ржавчина желѣза содержитъ въ большинствѣ случаевъ значительныя количества сѣры, то шведскіе заводы очищаютъ желѣзную мелочь отъ ржавчины въ особыхъ вращающихся приборахъ, прежде чѣмъ пустить ее въ переплавку въ мартеновскія печи. Руда и известь, прибавляемая въ печи должны быть свободны отъ сѣры, такъ какъ вся сѣра изъ нихъ переходитъ въ сталь. Для удержанія сѣры

\*) Болѣе точныя изслѣдованія надъ сѣрою сдѣлалъ Ф. Стимль на шведскомъ заводѣ Геллефорсъ. См. Горн. Жур. за 1899 г. Апрель.

каменнаго угля прибавляютъ въ генераторы известъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ сталь поглощаетъ много сѣры изъ генераторнаго газа.

Въ заключеніе приведу данныя опытовъ Кампбелля \*), которыя только подтверждаютъ извѣстный фактъ, что сѣра въ мартеновскихъ печахъ выдѣляется лишь отчасти, но данныя эти заслуживаютъ вниманія хотя отличаются лишь относительнаго полнотой:

Таблица XLIX.

Содержаніе сѣры.				Составъ окончательнаго шлака.				
въ завалкѣ.	до приб. зеркаль.	въ бокован-кахъ.	Увел. или уменьш. пос. приб. зерк.	SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO.	CaO.	S.
0,20	0,07	0,022	-0,048	17,90	20,34	не опред.	46,91	0,33
0,20	0,10	0,053	-0,044	13,04	20,07	„	45,58	0,40
0,28	0,10	0,062	-0,038	17,15	20,88	6,41	46,91	0,17
0,43	0,15	0,120	-0,030	18,67	24,84	4,44	37,23	0,36
0,20	0,08	0,052	-0,028	14,84	21,51	не опред.	46,75	0,54
0,28	0,11	0,089	-0,021	19,54	15,48	7,15	45,95	0,44
0,28	0,12	0,100	-0,020	14,52	27,27	не опред.	39,33	0,51
0,20	0,07	0,054	-0,016	15,92	20,52	„	39,96	0,54
0,28	0,10	0,089	-0,011	23,73	11,97	7,06	49,96	0,29
0,20	0,07	0,062	-0,098	16,26	19,98	не опред.	49,50	0,43
0,28	0,09	0,086	-0,004	13,78	26,91	4,85	42,14	0,56
0,20	0,09	0,090	-0,000	17,97	23,94	не опред.	44,41	0,26
0,20	0,06	0,071	+0,011	16,86	16,83	„	47,54	0,33
0,20	0,09	0,107	+0,017	19,04	20,16	„	44,89	не опред.
0,20	0,08	0,097	+0,017	20,72	16,20	„	43,78	0,25
0,28	0,04	0,095	+0,055	16,55	23,58	„	43,14	0,53

Опыты эти съ цѣлью опредѣленія вліянія прибавки зеркальнаго под-твердили фактъ, что выдѣленіе сѣры посредствомъ марганца—случайное. Можетъ быть они привели бы къ другимъ выводамъ, если бы былъ указанъ вѣсъ завалки полученной стали и шлака, такъ какъ по этимъ дан-нымъ можно бы рассчитать все количество сѣры оставшееся въ стали и перешедшее въ шлакъ и сравнить его съ первоначальнымъ количествомъ сѣры въ завалкѣ. Это сравненіе показало бы, какое количество сѣры по-глащено сталью изъ генераторнаго газа и можетъ быть оказалось бы, что увеличеніе содержанія сѣры въ стали главнымъ образомъ зависитъ отъ

\*) Stahl und Eisen. 1888 г. 297.

присутствія ея въ каменномъ углѣ. Опыты съ цѣлью опредѣленія вліянія прибавки ферромарганца привели къ такимъ же результатамъ. Изъ послѣднихъ опытовъ Кампбелль вывелъ заключеніе, что увеличеніе количества сѣры совпадало съ меньшимъ содержаніемъ кремневой кислоты въ шлакѣ (19,95% и 17,05%), а меньшее имѣло мѣсто при шлакахъ богатыхъ кремневою кислотою (20, 25—22, 35%). Вѣроятно здѣсь играло роль содержаніе кремнія въ завалкѣ, но ни оно, ни составъ шлаковъ, къ сожалѣнію, не указанъ.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ.

### О кремніѣ.

Г. Турнеръ \*) дѣлаетъ слѣдующій выводъ изъ изслѣдованій Чандлера, Робертъ-Остена и Тильда:

Кремній уплотняетъ мягкую сталь и подобно углероду увеличиваетъ ея тягучесть и прочность. Но если сталь должна быть прокатываема, то содержаніе кремнія не должна превосходить 0,15%. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ онъ дѣлаетъ сталь хрупкою въ холодномъ состояніи. Въ стальныхъ отливкахъ кремній увеличиваетъ плотность стали, но слѣдуетъ признать его лишь необходимымъ зломъ, такъ какъ небольшой избытокъ его обуславливаетъ хрупкость стали и незначительную ея тягучесть; можно вообще рекомендовать содержаніе кремнія до 0,3% въ отливкахъ.

Въ твердой стали достаточно нѣсколько сотыхъ процента кремнія для ея плотности. По общепринятому мнѣнію въ твердой стали можетъ заключаться довольно много кремнія безъ вреда для качествъ матеріала. Марганецъ, какъ кажется, имѣетъ свойство нейтрализовать вредное дѣйствіе кремнія въ сталь. Дальше Турнеръ приводитъ рядъ изслѣдованій, изъ которыхъ заключаетъ, что прибавленіе даже нѣсколькихъ сотыхъ кремнія въ видѣ ферросилиція къ расплавленной стали, дѣлаетъ послѣднюю «спокойной» при застываніи. Красноломкость стали (особенно при темно-красномъ каленіи) увеличивается съ возрастаніемъ содержанія въ ней кремня, хотя при сварочномъ жарѣ кремнистая сталь куется хорошо. На сварку стали кремній почти не вліяетъ. Въ холодномъ состояніи кремній увеличиваетъ предѣлъ упругости и сопротивленіе разрыву стали, но уменьшаетъ ея удлиненіе и сжатіе сѣченія при разрывѣ; сотыя процента кремнія оказываютъ уже замѣтное вліяніе въ этомъ отношеніи. Съ увеличеніемъ содержанія кремнія въ стали постепенно измѣняется видъ ея излома отъ

\*) Stahl und Eisen. 1893 г., стр. 869.

тонкозернистаго съ шелковиднымъ отливомъ, до крупнокристалическаго. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ кремній въ стали окисляется, тогда она по свойствамъ сходна съ невозстановленной сталью. Хотя марганецъ нейтрализуетъ дѣйствіе кремнія, уничтожая краснотомкость при обработкѣ, но онъ не увеличиваетъ тягучести, такъ что сталь богатая марганцемъ и кремніемъ не можетъ обладать значительнымъ удлинениемъ.

Ф. Мюллеръ \*) говоритъ, что вышеприведенныя цифры слишкомъ малы и что большія количества кремнія не вредятъ качествамъ стали. Въ твердой (инструментальной) стали онъ даже находитъ полезнымъ содержаніе кремнія до 0,8—и по крайней мѣрѣ 0,5—0,6%. Мнѣніе Мюллера оказалось неправильнымъ, такъ какъ позднѣйшія изслѣдованія безусловно показали, что присутствіе кремнія вредно вліяетъ на литую сталь.

Одельштёрна \*\*) говоритъ, что нежелательно имѣть вовсе кремнія въ мягкой стали и что для избѣжанія его возстановленія изъ набойки печи, необходимо вести не слишкомъ горячо плавку. Въ Швеціи предпочитаютъ получать сталь съ пузырями, собирающимися вверху болванки, чѣмъ вводить въ сталь кремній, такъ какъ пузыри при прокаткѣ мягкой стали вполне исчезаютъ. Хотя шведскіе чугуны настолько чисты въ отношеніи фосфора, что содержащихся въ стали количествъ этого элемента нельзя выдѣлать на основномъ поду, но все таки въ Швеціи перешли къ основному печамъ, чтобы избѣжать кремнія, какъ содержащагося въ чугунахъ, такъ и переходящаго изъ кислой набойки въ сталь. Кремній въ шведской кислой стали былъ одно время причиною задержки сбыта ея за границу. Одельштёрна \*\*\*) по этому поводу говоритъ, что англичане нашли, что свободная отъ кремнія основная сталь болѣе тягуча и прочна, чѣмъ кислая при одномъ и томъ же содержаніи углерода и приписываютъ это улучшеніе качествъ стали отсутствію кремнія.

## ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

### О марганцѣ.

Взглядъ на марганецъ въ стали очень измѣнился за послѣдніе годы. Микроскопическія изслѣдованія показали, что марганецъ трудно сплавляется съ желѣзомъ, и что при значительномъ содержаніи въ стали (около 1%) онъ собирается въ видѣ отдѣльныхъ шариковъ, (нерастворившихся) которые обуславливаютъ внезапныя поломки стальныхъ издѣлій. Хотя аме-

\*) Stahl und Eisen. 1888 г., стр. 375.

\*\*) Stahl und Eisen. 1894 г., стр. 708.

\*\*\*) La Metallurgie. 1893 г., № 14, стр. 531.

риканскіе инженеры на конгрессѣ въ Чикаго 1893 г. опровергали это, приписывая пятна въ разорванныхъ брускахъ стали скопленіямъ шлака, являющагося послѣдствіемъ ликваціи въ горячихъ плавкахъ, но позднѣйшія изслѣдованія показали, что независимо отъ скопленій шлака, безусловно вредныхъ, имѣются и шарообразныя включенія ферромарганца въ стали, какъ говоритъ Веддингъ \*), указывающій и на другое вредное свойство марганца, а именно, что онъ лишаетъ закаленную сталь свойства тягучести. Въ виду вышесказаннаго стали очень осмотрительно прибавляютъ марганецъ къ стали. Одельштёрна, говоритъ, что исходнымъ пунктомъ при полученіи плотной мягкой стали въ Швеціи является возможно меньшее содержаніе сѣры и кислорода въ ваннѣ подѣ конецъ плавки, чтобы было возможно вовсе не прибавлять марганца, или ограничиться лишь введеніемъ въ стали одной—двухъ десятыхъ процента этого вреднаго элемента. Для многихъ цѣлей напр. для телеграфной проволоки, подковныхъ гвоздей и т. п. необходимо полное отсутствіе марганца. Основнымъ правиломъ шведскаго стального производства является введеніе въ сталь лишь такого количества марганца, какое необходимо для устраненія красноломкости стали. Очень важна равномерность температуры во все время плавки; если ванна въ любой періодъ плавки станетъ холодною, то она такъ окислится, что послѣдующее повышеніе ея температуры не можетъ устранить избытка кислорода и для восстановленія такой стали приходится примѣнять значительное количество марганца. Увеличеніе содержанія марганца на  $\frac{1}{4}\%$  замѣтнѣе уменьшаетъ тягучесть стали, чѣмъ увеличеніе содержанія фосфора съ 0,020% до 0,045%; послѣдняя цифра представляетъ максимумъ фосфора, допускаемаго въ хорошей шведской стали.

Вліяніе марганца на твердую сталь не такъ замѣтно, какъ на мягкую, поэтому въ первую можно вводить большее количество марганца для нейтрализованія могущей быть въ стали сѣры, однако и при твердой стали (инструментальной) марганецъ вредитъ, такъ какъ увеличиваетъ хрупкость ея въ закаленномъ состояніи, а потому обуславливаетъ частую поломку инструментовъ.

Все вышесказанное относится къ вліянію марганца, составляющаго примѣсь стали т. е. заключающагося въ ней въ небольшихъ количествахъ (ниже 1%), а относительно вліянія марганца, какъ составной части стали было сказано выше въ главѣ «О марганцевой стали».

Въ шведской заводской практикѣ были случаи остатка зеренъ расплавленнаго ферромарганца въ прокатанныхъ листахъ, содержащихъ 0,2% С, что подтверждаетъ вышеуказанное мнѣніе Веддинга, вопреки мнѣнію американскихъ инженеровъ.

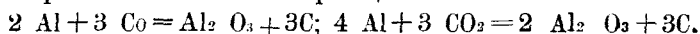
\*) Stahl und Eisen. 1894 г., стр. 466.



## ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

## Объ алюминіѣ.

Алюминій за послѣднее десятилѣтіе все больше и больше входитъ во всеобщее употребленіе при производствѣ стали. Онъ обладаетъ очень цѣнными восстановительными свойствами. Хотя уже давно нѣкоторые металлурги встаютъ противъ примѣненія этого элемента. Изъ новѣйшихъ работъ укажу на изслѣдованія Л. Франка \*) надъ восстановительной способностью алюминія, по которымъ авторъ заключаетъ, что металлъ этотъ восстанавливаетъ окислы всѣхъ металловъ, при болѣе, или менѣе высокой температурѣ. Окись углерода и углекислоту алюминій разлагаетъ съ выдѣленіемъ углерода и образованіемъ  $Al_2 O_3$  по реакціямъ:



Изъ фосфористыхъ соединеній алюминій восстанавливаетъ весь фосфоръ, или часть его, между тѣмъ какъ другая—образуетъ соединеніе  $Al_2 P_3$ . Эта способность алюминія очень цѣнна для выдѣленія всегда растворенной въ стали окиси углерода и вѣроятно поэтому алюминій, прибавленный въ изложницу такъ быстро уплотняетъ и успокаиваетъ сталь.

Самый недружелюбный пріемъ алюминій встрѣтилъ въ шведской стальной промышленности. Одельштёрна \*\*) говоритъ, что прибавленіе даже 0,002% Al. уменьшаетъ прочность стали. Если разбить стальную болванку отъ плавки, въ которую былъ прибавленъ алюминій, то оказывается, что сталь имѣетъ склонность кристаллизоваться въ большихъ пластинчатыхъ кристаллахъ, которая зависитъ отъ присутствія алюминія. Кристаллы эти, направляющіеся отъ наружи болванки къ серединѣ, обуславливаютъ хрупкость болванокъ, которые гораздо легче разбить ударами молота, чѣмъ болванки стали, не содержащей алюминія. Одельштёрна признаетъ, что кристаллическое строеніе стальныхъ отливокъ содержащихъ алюминій можетъ быть отчасти устранено отжигомъ, но при этомъ нѣтъ полного исчезновенія кристалловъ, которыя уменьшаютъ удлиненіе стали. Очень возможно, что Одельштёрна правъ относительно вліянія алюминія на литую сталь, но изъ его же словъ видно, что кристаллическое строеніе стали уничтожается отчасти отжигомъ, а слѣдовательно при дальнѣйшей обработкѣ стали (проковкѣ и прокаткѣ) нечего опасаться этого кристаллическаго строенія. Оно должно бы вполнѣ исчезать въ прокатанныхъ или прокованныхъ издѣліяхъ.

\*) Stahl und Eisen. 1898 г. стр. 410.

\*\*) Stahl und Eisen. 1894 г. стр. 708.

Изъ приведенныхъ выше изслѣдованій Руфуса (Глава XVIII, таблица XVIII) видно, что алюминій дѣйствительно уменьшаетъ удлиненіе на нѣсколько процентовъ и очень мало уменьшаетъ сопротивленіе разрыву (на 1 кил. при 40 к.). Нейтрализовать вредное вліяніе алюминія можно, если въ мягкую сталь не вводитъ вовсе марганца, а въ твердую лишь очень мало, такъ какъ марганецъ тоже уменьшаетъ тягучесть стали, въ особенности мягкой. Но для возстановленія стали, а преимущественно для спокойнаго застыванія мягкой стали нельзя не признать алюминій лучшимъ средствомъ, хотя количества прибавляемаго алюминія должны быть очень ограничены. Часто достаточно нѣсколько тысячныхъ процента для того, чтобы сталь застывала спокойно въ изложницахъ; но количество прибавляемаго алюминія вообще зависитъ отъ плавки; чѣмъ неправильнѣе она была ведена, или чѣмъ холоднѣе ходъ печи, тѣмъ больше должна быть прибавка этого элемента. Предѣломъ, за который вредно переходить, слѣдуетъ признать 0,06% Al.

## ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

### О мышьякѣ.

По изслѣдованіямъ Стида \*) содержаніе мышьяка въ стали до 0,2% не оказываетъ никакого вліянія на ея прочность и тягучесть. Сталь съ содержаніемъ мышьяка въ 1—1,5% обладаетъ большею прочностью, при незначительномъ уменьшеніи тягучести. При 4% мышьяка сталь хотя и катается хорошо, не обладаетъ краснеломкостью, но ея удлиненіе=0, при большемъ сопротивленіи разрыву, чѣмъ въ стали, не содержащей мышьяка. Отсюда слѣдуетъ, что даже значительное содержаніе мышьяка въ стали оказываетъ мало вліянія на ея прочность. Однако, самыя незначительныя количества мышьяка сильно вредятъ свариваемости стали, а потому мягкая, сваривающаяся сталь должна быть свободна отъ слѣдовъ этого элемента.

## ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

### О хромѣ.

Гэдфильдъ изъ своихъ изслѣдованій надъ хромистой сталью вывелъ заключеніе, что ожиданія, возлагаемыя на введеніе хрома въ сталь, не

\*) The journals of the Iron and Steel Institute. 1894 г. II ч.

имѣли достаточно оснований. Въ началѣ производства хромистой стали (хромистыхъ снарядовъ) держалось мнѣніе, что только химическій составъ имѣетъ вліяніе на пригодность издѣлій. Мнѣніе это, по Гэдфильду ошибочно. Онъ говоритъ, что отжигъ и послѣдующая затѣмъ закалка хромистыхъ снарядовъ имѣютъ несравненно больше вліянія на ихъ прочность, нежели одинъ химическій составъ съ которымъ всегда можно согласовать закалку. Снаряды болѣе мягкіе закалываютъ сильнѣе.

Хромистая сталь (съ 1%С) безусловно лучше обыкновенной, по своей однородности (малой наклонности къ ликваціи) и особенно по способности прекрасно принимать закалку. Она въ закаленномъ состояніи вязче обыкновенной стали и закаливается при низшей, чѣмъ послѣдняя, температурѣ. При нагрѣваніи обыкновенную сталь легче поджечь, чѣмъ хромистую; строеніе ея послѣ проковки очень мелкозернистое и однородное; она обладаетъ особенно большимъ сопротивленіемъ разрыву. Гэдфильдъ нашелъ при одномъ изслѣдованіи сопротивленіе разрыву въ 163 к. а Брустлейнъ представилъ на Парижской выставкѣ 1889 г. образецъ хромистой стали съ сопр. раз. въ 157 к.

Относительно вліянія различныхъ количествъ хрома на различной твердости сталь Гэдфильдъ говоритъ слѣдующее: Содержаніе хрома отъ 0,75 до 1% не вліяетъ существеннымъ образомъ на свойства стали съ малымъ содержаніемъ углерода. Но въ стали богатой углеродомъ даже незначительное содержаніе хрома увеличиваетъ ея прочность не уменьшая значительно тягучести: высокое содержаніе хрома обуславливаетъ хрупкость стали. Во всякомъ случаѣ вліяніе хрома зависитъ отъ величины содержанія углерода при одинаковой величинѣ содержанія хрома.

Однимъ изъ болѣе замѣчательныхъ свойствъ хромистой стали является болѣе значительное сжатіе стѣненія при разрывѣ (подобно никкелевой стали), чѣмъ въ обыкновенной стали, такой же прочности.

Свойство это зависитъ отъ большаго предѣла упругости хромистой стали при значительной тягучести ея. Измѣненіе формы пробнаго бруска при разрывѣ ограничено очень незначительными предѣлами.

Гоузъ въ своей металлургіи не рекомендуетъ хромистой стали при посредственномъ содержаніи углерода (0,12—0,54%). Онъ говоритъ, что хромистая сталь имѣетъ свойство плохо сопротивляться толчкамъ и сотрясеніямъ, поэтому она не пригодна для изготовленія бандажей. По его наблюденіямъ хромистые бандажи выдерживали предписанныя испытанія только при содержаніи углерода ниже 0,3%; при высшемъ содержаніи они ломались. Гэдфильдъ признаетъ правильность наблюденій Гоузъ и прибавляетъ, что мнѣніе ихъ относительно хромистой стали расходится лишь потому, что они изслѣдовали сталь предназначенную для различныхъ цѣлей, потому предъявляли къ ней различныя требованія и

получили различные результаты. Во всякомъ случаѣ слѣдуетъ признать, что примѣненіе хромистой стали довольно ограничено и почти исчерпывается снарядами и инструментами для обработки стали въ холодномъ состояніи.

Для сравненія свойствъ стали съ различнымъ содержаніемъ хрома привожу въ таблицѣ *L* данныя изслѣдованій Гэдфелда.

## ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

### О ванадіѣ.

Содержаніе ванадія \*) въ шведскихъ чугунахъ въ Тасбергѣ извѣстно съ 1830 г. и высокія качества тамошняго желѣза подали поводъ Гелюи къ предположенію, что это благотворное вліяніе ванадія.

Въ англійскихъ чугунахъ Сидъ нашель слѣдующее содержаніе ванадія; чуг.-клярансъ—0,183<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; Кливелэндъ—0,262<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; Голюиль—0,186<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; Линкольнширъ—0,168<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а Риллей въ чуг. Вильтширъ нашель—0,686<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Va.

Въ виду вышесказаннаго Гелюи сдѣлалъ нѣсколько опытовъ съ ванадіевою сталью. Для этой цѣли онъ возстановилъ порошокомъ алюминіованадіевую кислоту и приготовилъ сплавъ ванадистаго алюминія, а затѣмъ: ферро-алюминіо-ванадіи, ферроникель-ванадіи и феррохромъ-ванадіи, которые впослѣдствіи прибавлялъ въ расплавленную въ тиглѣ сталь. Испытанія приготовленной такимъ образомъ стали, дали слѣдующіе результаты.

Основная сталь, въ 48 к. раз. при 16,9<sup>0</sup>/<sub>0</sub> уд., расплавленная въ графитовомъ тиглѣ безъ всякихъ прибавокъ, поглотила много углерода и дала 96 к. раз. гр. при 2,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> удлин., а съ прибавленіемъ 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> ванадія—109 кил. 7,53<sup>0</sup>/<sub>0</sub> удл. Во избѣжаніе поглощенія сталью углерода вторая плавка была въ магнетитовомъ тиглѣ. Сталь съ 0,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Va дала 66 к. раз. и 16<sup>0</sup>/<sub>0</sub> удл. При 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Va разр. грузъ былъ 97 к. при 14<sup>0</sup>/<sub>0</sub> удл., Та же сталь, отоженная дала 71 кил. и 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> удл. Сама по себѣ эта сталь очень мягка, но послѣ закалки становится чрезвычайно твердою.

Обыкновенное желѣзо (38 к. при 19<sup>0</sup>/<sub>0</sub> удл.) при расплавленіи въ тиглѣ и прибавленіи 0,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Va дала въ неотжженномъ видѣ 61,25 к. и до 12<sup>0</sup>/<sub>0</sub> удл. а въ отоженномъ—53 к. и 32<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

#### *Вліяніе бора на сталь.*

Изъ опытовъ Р. Вюста \*\*) слѣдуетъ что боръ уменьшаетъ въ стали способность закаливаться, вызывая одновременно увеличеніе прочности

\*) О Фогель Stahl und Eisen 1896. 16—615.

\*\*) St. u. Eis. 1895. 10—843.

Химический составъ.							Удельный вѣсъ	Ковкость.	Пред. упругости		Растяж. при пред. упругости		Разрыв гр.		Удлинен.		Сжат. сѣч.		Изгибъ.		Сварка.	Твердость.													
С.	S.	P.	Mn.	Si.	Cr.	Al.			Неотж.	Отж.	Неотж.	Отж.	Неотж.	Отж.	Неотж.	Отж.	Неотж.	Отж.	Неотж.	Отж.			Неотж.	Отж.											
0,07	0,9	0,04	0,11	0,07	0,22	Прибавлено. 0,85	7,777	я	кило	грам.	милл.	метр.	кило	грам.	п	р	о	ц	е	н	т	ы.	н	з	а	х	о	л	о	д	у	180°	22		
0,16	0,10	0,04	0,18	0,07	0,29	"	—	а	33,0	26,6	0,15	0,22	43,9	39,2	42,0	45,6	67,1	65,9	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	21		
0,15	0,09	0,04	0,21	0,10	0,48	"	—	ш	35,3	28,1	0,13	0,11	48,6	43,2	37,8	44,9	63,9	62,0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	21		
0,14	0,09	0,04	0,25	0,08	0,57	"	7,750	о	33,0	23,0	0,23	0,24	45,4	39,9	41,0	46,6	68,5	69,0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	24		
0,12	0,10	0,04	0,18	0,08	0,84	"	—	р	31,5	29,8	0,10	0,24	49,5	43,9	40,0	42,5	62,1	61,2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	24		
0,27	0,13	0,04	0,21	0,12	1,18	"	—	о	40,8	31,4	0,24	0,15	62,0	56,5	33,8	33,0	56,2	56,5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	24	
0,21	0,09	0,04	0,12	0,14	1,51	"	7,740	х	37,7	29,8	0,23	0,16	59,6	52,6	37,1	38,1	64,1	55,9	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	24	
0,39	0,11	0,04	0,25	0,14	2,54	безъ прибавки.	—	ь	51,6	38,5	0,13	0,09	84,8	61,3	26,8	24,5	52,0	33,5	не лом.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	24	
0,41	0,10	0,04	0,28	0,18	3,17	"	—	р	47,1	33,7	0,10	0,24	100,5	74,5	21,7	28,2	43,8	35,5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	55	
0,77	0,11	0,04	0,61	0,50	5,19	"	7,712	н	62,8	31,4	0,23	0,10	116,2	86,3	13,1	24,5	20,2	6,9	слом.	при 3°	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	36	
0,86	0,13	0,03	0,09	0,81	6,89	"	—	е	62,8	29,8	0,21	0,10	113,7	64,8	13,6	25,0	26,7	15,5	не лом.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	43
0,71	0,10	0,03	0,25	0,36	9,18	"	—	ч	47,1	28,1	0,23	0,20	95,8	69,1	17,7	—	27,6	32,5	слом.	при 48°	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	43
1,27	0,10	0,03	0,25	0,38	11,18	"	7,675	и	47,1	—	0,23	—	97,3	51,5	10,4	—	11,7	—	слом.	при 24°	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	—
1,79	0,08	0,01	0,28	0,61	15,12	"	—	невна- читель- ная.	—	30,5	—	—	—	69,1	—	9,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2,12	,10	0,04	0,22	1,20	16,74	"	7,595	ная.	—	—	—	0,24	—	—	—	—	—	7,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

закаленной стали при содержаніи 0,58% Во, и уменьшеніе удлиненія. Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены результаты испытаній стали состава: Во—0,58; С—0,17; Mg—0,3; Si, Ph, S—слѣды.

Таблица LI.

Состояніе пробы.	Боръ содер. сталь.		Сталь съ 0,07 С.		Сталь съ 0,37 С.	
	разр. гр.	удл. 100.	разр. гр.	удл.	разр. гр.	удл. 100м/м
Отпущенная . . .	46	11	33,4	22,7	55,3	16,1
Закаленн. при 800° .	85,6	5,1	34,8	15,2	92,4	2,7
" " 900° .	120	2,7	42,5	13,5	117,4	1,7
" " 1100° .	129,5	3,1				
" " 1200° .	92,3	0,9				

## ГЛАВА ДВѢНАДЦАТАЯ.

## Обуглероживаніе стали.

Однимъ изъ самыхъ большихъ успѣховъ въ мартеновскомъ производствѣ слѣдуетъ признать обуглероживаніе стали посредствомъ угольного порошка. Способъ этотъ имѣетъ много преимуществъ передъ старымъ обуглероживаніемъ посредствомъ ферро-марганца или ферро-силиція. Возобновленіемъ этой мысли мы обязаны патенту «Дарби»<sup>\*)</sup>; она была введена въ исполненіе впервые на германскомъ заводѣ «Фэниксъ» и усовершенствована на Дюделингенскомъ заводѣ.

Главное преимущество состоитъ въ уменьшеніи расхода ферро-марганца, необходимаго для возстановленія плавки, что не столь важно съ точки зрѣнія экономіи расходовъ по производству стали, какъ качество стали, которая тѣмъ лучше, чѣмъ меньше постороннихъ примѣсей случайно, или умышленно введено въ сталь.

Такъ напр. для плавки въ 600 пуд. расходуютъ:

	По старому способу.	По новому.
Зеркальн. чугуи. съ 10—12% Mn. . .	15 пуд.	—
Ферро-марганца 60—75% » . . .	5 »	0,75 пуд.
Кокса . . . . .		3,12 »

На Дюделингенскомъ заводѣ иногда даже и вовсе не прибавляютъ марганца въ плавку.

Такъ какъ очень трудно удалить весь шлакъ изъ печи, чтобы открыть поверхность стали для обуглероживанія, то послѣднее удобнѣе всего выполнять въ разливочномъ ковшѣ, или желобѣ; чѣмъ свободнѣе сталь отъ

<sup>\*)</sup> По Веддингу. Stahl und Eisen 1897 г. 532 стр.

шлака, тѣмъ полнѣе обуглероживаніе и тѣмъ меньше угля теряется напрасно. Однако слѣдуетъ обуглероживаніе вполне отдѣлять отъ процесса возстановленія, который производить, или до обуглероживанія въ печи, посредствомъ ферро-марганца, или послѣ обуглероживанія въ изложницахъ—алюминіемъ.

Выборъ обуглероживающаго средства зависитъ главнымъ образомъ отъ мѣстныхъ цѣнъ. При температурѣ расплавленной стали всѣ роды угля дѣйствуютъ одинаково хорошо: древесный уголь, антрацитъ, коксъ и даже графитъ. Самымъ подходящимъ является такой сортъ угля, который въ высшей степени обладаетъ способностью трудно воспламеняться. По этому антрацитъ, а еще больше коксъ, имѣютъ въ этомъ отношеніи полное преимущество передъ древеснымъ углемъ. Нельзя рекомендовать газовыхъ, каменныхъ углей потому, что выдѣленіе изъ нихъ летучихъ составныхъ частей будетъ происходить на счетъ теплоты стали и безъ нужды понизитъ ея температуру. Примѣняемый для обуглероживанія сортъ угля долженъ содержать по возможности меньше золы, такъ какъ послѣдняя обогащаетъ сталь кремніемъ, возстановляющимся изъ кремневой кислоты золы углеродомъ при столь высокой температурѣ и тотчасъ же поглощаемымъ сталью. Поэтому слѣдуетъ признать самымъ подходящимъ цементирующимъ средствомъ известъ, которая можетъ поглощать кремнеземъ золы и набойки ковша. Числовыя данныя приведу ниже при описаніи способовъ заводовъ: Феникса и Дюделингенскаго, а пока сдѣлаю краткій обзоръ по Веддингу различныхъ періодовъ обуглероживанія. При началѣ бессемерованія получали окисленную, негодную для издѣлій сталь помимо того, что старались возстановлять ее углеродомъ; тогда не было извѣстно, что при столь высокой температурѣ углеродъ обладаетъ гораздо меньшимъ средствомъ къ кислороду, чѣмъ марганецъ и кремній. Лишь примѣненіе Мюсетомъ зеркальнаго чугуна для полученія бессемеровской стали дало хорошіе результаты. Такимъ образомъ выяснилось, что обуглероженная сталь въ конверторахъ или мартеновскихъ печахъ должна быть подвержена двумъ процессамъ: возстановленію и обуглероживанію. Оба эти процесса соединяютъ въ одинъ и примѣняютъ для этой цѣли кремнистый чугунъ, зеркальный чугунъ и ферромарганецъ. Послѣдній при полученіи мягкой стали, а зеркальный для твердой стали. Менѣе удобнымъ оказался ферро-силицій, такъ какъ при неосмотрительномъ примѣненіи его легко получается въ стали вредный для ея свойствъ избытокъ кремнія. Другихъ соединеній, богатыхъ углеродомъ, не имѣется, которыя одновременно дѣйствовали бы возстановительно, такъ какъ алюминій не соединяется со столь значительнымъ количествомъ углерода, чтобы его можно было употреблять одновременно для возстановленія и обуглероживанія, а хромъ не можетъ присутствовать въ стали въ сколько нибудь значитель-

ныхъ количествахъ, такъ какъ она становится тогда непригодной для большинства примѣсней.

Поэтому долгое время ограничивались примѣненіемъ трехъ сплавовъ: зеркальнаго чугуна, ферромарганца и ферросилиція, употребляя также и алюминій для возстановленія. Въ теченіи многихъ лѣтъ не обращали вниманія на вредное вліяніе, которое производитъ избытокъ марганца на ковкую сталь. Только когда микроскопическія изслѣдованія показали, что марганецъ не такъ легко сплавляется съ желѣзомъ, какъ полагали, но что онъ при неудовлетворительномъ размѣшиваніи собирается въ стали въ видѣ отдѣльныхъ шариковъ, стали подумывать объ устраненіи вреднаго элемента. Слѣдуетъ полагать, что необъяснимыя поломки хорошихъ стальныхъ издѣлій, напр. поломки бандажей при ихъ перевозкѣ, должны быть приписываемы скопленіямъ марганца. Эти предположенія вполне подтвердилъ микроскопъ. Тогда стали внимательнѣе обращаться съ марганцемъ, прибавляя его лишь такое количество, какое необходимо для возстановленія.

Въ виду необходимости обуглероживанія стали безъ помощи марганца, англичанинъ Дарби обратилъ вниманіе на старый способъ обуглероживанія стали непосредственно углеродомъ. При цементации было извѣстно, что твердый углеродъ дѣйствуетъ на твердое желѣзо при высокой температурѣ и непосредственномъ соприкосновеніи. Обуглероживаніе начинается ниже краснаго каленія. Форма, въ которой заключается углеродъ, не безразлична; лучше всего дѣйствуетъ аморфный углеродъ въ видѣ древеснаго, или животнаго угля, но и графитъ и даже алмазь дѣйствуетъ обуглероживающимъ образомъ. Одинъ и тотъ же сортъ угля дѣйствуетъ тѣмъ быстрѣе и энергичнѣе, чѣмъ выше температура; но при одинаковыхъ температурахъ обуглероживаніе тѣмъ сильнѣе, чѣмъ тѣснѣе смѣсь углерода съ желѣзомъ и чѣмъ дольше продолжается нагрѣваніе. Пока нѣтъ плавленія углеродъ распределяется въ желѣзѣ по направленію отъ наружной поверхности во внутрь, причѣмъ наружные слои богаче углеродомъ, чѣмъ внутренніе; это доказываетъ, что для молекулярнаго передвиженія углерода требуется нѣкоторое время. Углеродъ соединяется въ теченіи достаточнаго промежутка времени лишь съ желѣзомъ въ вполне опредѣленномъ количествѣ, которое зависитъ отъ температуры; когда верхній слой желѣза достигъ этой степени насыщенія, то постепенно начинаетъ обуглероживаться слой, ниже лежащій, и т. д. до самаго центра. Но когда наступаетъ плавленіе желѣза, то въ немъ растворяется большее количество углерода до 5%. Смотри по количеству раствореннаго углерода получается чугунъ, твердая, или мягкая сталь. Эти факты служатъ основаніемъ обуглероживанія, причѣмъ дознаю, что послѣднее совершается тѣмъ быстрѣе, чѣмъ выше температура.



Въ 1888 г. заводъ Фениксъ дѣлалъ опыты надъ способомъ обуглероживанія, предложеннымъ Дарби, который состоялъ въ фильтрованіи стали черезъ воронку, наполненную кусками кокса. Способъ былъ найденъ выполнимымъ, но не практичнымъ. Съ 1890 г. зав. Фениксъ предпринялъ рядъ опытовъ надъ практическимъ выполненіемъ этого способа и пришелъ къ слѣдующему рѣшенію. Желѣзная воронка, съ задвижкой внизу, содержитъ отвѣшенное количество порошка кокса. Сталь изъ печи вытекаетъ въ ковшъ, а изъ воронки одновременно засыпается въ ковшъ определенное количество угольного порошка черезъ определенный промежутокъ времени; ковшъ этотъ служитъ только для болѣе тѣснаго перемѣшиванія стали, которая поступаетъ изъ него въ разливочный ковшъ, изъ котораго, какъ обыкновенно, разливается по изложницамъ.

Изъ вышесказаннаго видно, что нѣтъ необходимости въ фильтрованіи стали черезъ слой угля, какъ предложилъ Дарби, но достаточно ввести мелкій порошокъ угля въ сталь. Конечно не весь уголь поглощается сталью, а часть всплываетъ на поверхность ея въ ковшѣ и сгораетъ. Но легко опредѣлить количество сгорающаго углерода, такъ какъ оно довольно постоянно при одинаковыхъ: температурѣ стали, скорости истеченія изъ печи и количествѣ вводимаго въ нее углерода. Видоизмѣненіе этого способа обуглероживанія состоитъ въ равномерномъ прибавленіи одинаковыхъ количествъ угольного порошка въ желобъ во время пропусканія по нему стали, которая при этомъ собирается прямо въ разливочномъ ковшѣ. Угольный порошокъ готовится слѣдующимъ образомъ: коксъ измельчаютъ въ мельницѣ, отсѣваніемъ отдѣляютъ мелкую пыль, а оставшіяся болѣе крупныя частицы высушиваютъ для полного выдѣленія влаги. При соприкосновеніи порошка кокса со сталью появляется небольшое пламя не очень высокой температуры; оно происходитъ отъ сгорания той части кокса, которая не поглощается сталью. Сгораніе части кокса очевидно въ желобѣ, при протеканіи стали, на поверхности которой плаваетъ коксовый порошокъ. Въ ковшѣ не видно кокса плавающаго на поверхности стали. Потеря угля отъ сгорания въ общемъ составляетъ 25% всего количества прибавленнаго коксоваго порошка. Но имѣются тщательныя собранныя данныя, относящіяся къ угару кокса при различной величинѣ его прибавокъ.

Это практическое выполненіе способа Дарби, побудило и другіе заводы къ изысканіямъ въ этомъ отношеніи. Самыхъ замѣчательныхъ результатовъ достигъ Дюделингенскій заводъ, способъ котораго лучше способа завода Фениксъ.

Цѣль способа: обуглероживаніе стали въ разливочномъ ковшѣ, для полученія желаемаго содержанія углерода въ стали, которое притомъ было бы точно опредѣлено впередъ. Для достиженія этой цѣли обуглероживаю-

щій матеріалъ вводятъ въ такой формѣ, что онъ равномерно и быстро растворяется въ стали, причемъ время такъ выбрано, что обуглероживаніе оканчивается раньше, чѣмъ наступаетъ моментъ разливанія стали по изложницамъ. Обуглероживаніе производится помощью смѣси коксового (или антрацитового) порошка съ обожженной известью. Последняя размѣшивается въ водѣ, для полученія известкового молока, которое затѣмъ служитъ цементомъ для порошка кокса. Тѣсная, тѣстообразная смѣсь кокса съ известью отстаивается въ теченіи 12—24 часовъ и затѣмъ формуется въ видѣ кирпичей, послѣдніе просушиваются сначала на воздухѣ, а затѣмъ въ сушильныхъ камерахъ. Для приготовленія мягкой стали, съ содержаніемъ углерода въ 0,04—0,1% и средней твердости—съ 0,1—0,4% С, высушенные кирпичи помѣщаютъ на дно ковша и пускаютъ быструю струю стали въ ковшъ, который приэтомъ передвигаютъ впередъ и назадъ. Для приготовленія стали съ содержаніемъ углерода выше 0,4%, въ ковшъ помѣщаютъ лишь часть обуглероживающихъ кирпичей, а остатокъ прибавляютъ послѣ окончанія реакціи первой порціи. Когда реакція въ ковшѣ окончилась сполна, на что требуется 3—5 мин., сталь начинаютъ разливать по изложницамъ, въ которыхъ она застываетъ спокойно, не растечь и не садится, а потому даетъ плотныя болванки.

Количество прибавляемаго обуглероживающаго матеріала зависитъ отъ содержанія въ немъ углерода и отъ твердости получаемой стали. Опытъ показываетъ, что для полученія 100 пуд. стали необходимо прибавить:

Таблица III.

При содерж. углерода въ стали.	Количество углеизвестк. кирпичей.
Отъ 0,04 до 0,06%	Отъ 0,1 до 0,12 пуд.
» 0,06 » 0,10 »	» 0,12 » 0,20 »
» 0,10 » 0,15 »	» 0,25 » 0,28 »
» 0,15 » 0,20 »	» 0,30 » 0,35 »
» 0,25 » 0,30 »	» 0,40 » 0,45 »
» 0,30 » 0,35 »	» 0,50 » 0,53 »
» 0,40 » 0,45 »	» 0,70 » 0,75 »
» 0,45 » 0,50 »	» 0,75 » 0,78 »
» 1,60 » 1,65 »	» 2,0 » 2,5 »

Углеизвестковые кирпичи готовятъ слѣдующимъ образомъ. Антрацитъ съ содержаніемъ 5—6% золы и менѣе 9% летучихъ веществъ измельчаютъ подъ бѣгунами, съ постоянною осью и вращающимся дномъ, отсѣиваютъ и помѣщаютъ на дно плоскаго ящика, въ который приливаютъ известкового молока. Последнее готовится изъ обожженного известняка, по возможности свободнаго отъ кремнезема, глинозема и магнезій-

Количество обожженной извести составляет 7%, вѣса антрацитового порошка до смѣшенія съ водою. Смѣсь извести съ углемъ оставляютъ стоять для болѣе полного соединенія частицъ водной окиси кальція съ углемъ, а затѣмъ на ручномъ рычажномъ станкѣ прессуютъ въ кирпичи размѣромъ:  $30 \times 15 \times 8$  сант. Кирпичи просушиваются сначала на воздухѣ, для чего ихъ располагаютъ на доскахъ, а затѣмъ въ сушильнѣ при  $100^{\circ}$  Ц. до тѣхъ поръ пока изъ нихъ не выдѣлится вся гидроскопическая вода и останется лишь конституціонная вода гидрата кальція. Полнота высушиванія на столько важна, что она каждый разъ провѣряется лабораторнымъ опредѣленіемъ. Высушенные кирпичи отвѣшиваютъ въ требуемомъ количествѣ, указанномъ въ вышеприведенной таблицѣ, согласно сорту-приготавливаемой стали и помѣщаютъ на дно ковша. Когда струя стали прійдетъ въ соприкосновеніе съ кирпичами, при передвиженіи ковша, тотчасъ появляется сильное пламя, окрашенное сначала въ желто красный цвѣтъ съ полосами, происходящими отъ несгорѣвшихъ, раскаленныхъ частицъ угля. Величина пламени быстро увеличивается, достигая потолка мастерской, цвѣтъ его измѣняется въ желтый и наконецъ въ бѣлый, причѣмъ въ ковшѣ слышно сильное кипѣніе. Съ уменьшеніемъ кипѣнія укорачивается и пламя, исчезая окончательно послѣ вытеканія всего количества стали изъ печи. Поверхность стали, покрытая тонкимъ слоемъ шлака, становится совершенно спокойною. Разливаніе по изложницамъ стали не представляетъ никакихъ затрудненій. При содержаніи углерода ниже 0,1% случается, что сталь растетъ въ изложницахъ. Веддингъ совѣтуетъ засыпать ее пескомъ и закрывать крышками, но лучше опускать въ каждую изложницу кусокъ металлическаго алюминія, составляющій около 0,005% вѣса стальной болванки. Стоимость алюминія вполне окупится потерей стали, при смѣшиваніи ея съ пескомъ, или отрубаніи верхней, выросшей части болванки.

Величина пламени возрастаетъ съ увеличеніемъ количества вводимого въ сталь углерода; чѣмъ меньше количество кирпичей, тѣмъ прозрачнѣе пламя; напр. при стали съ 0,1%. С можно удобно видѣть все, что происходитъ въ ковшѣ. Сталь быстро разбѣдаетъ углеизвестковые кирпичи, которые не успѣваютъ всплывать на поверхность ея въ ковшѣ. Содержаніе углерода въ стали, до выпуска ея изъ печи, не оказываетъ вліянія на способность поглощать углеродъ, служащій для обуглероживанія, а также не имѣетъ значенія количество вводимого углерода. Въ Дюделингенскомъ способѣ сталь поглощаетъ 55% прибавляемаго углерода, независимо отъ ея твердости (отъ 0,05—1,5% С.).

По даннымъ завода Монъ-Лисонъ при обуглероживаніи ванны, содержащей 0,07% С, для полученія стали съ 1,5% С, поглотилось 52% прибавляемаго углерода.

Напротивъ того, существенно вліяетъ на количество поглощаемаго сталью углерода температура ванны. Въ Угре, гдѣ мартеговскія плавки очень горячи, поглощеніе углерода составляетъ 61% прибавленнаго количества, на Дюделингенскомъ заводѣ—60%, а въ Монъ-Люсонъ лишь 52%, такъ какъ на послѣднемъ заводѣ плавки бываютъ холодныя. Нижеприведенная таблица показываетъ, какихъ прекрасныхъ свойствъ получается матеріалъ по этому способу.

Таблица LIII.

Сортъ стали.	№	C.	P	Mn	Прочность к.	Удли. %	Сжатіе сѣч.
Оч. легкая	1	0,050	0,070	0,16	39,2	30,0	69,26
	2	0,065	0,055	0,20	36,6	29,5	66,5
	3	0,070	0,062	0,23	37,4	32,0	63,6
	4	0,080	0,065	0,22	39,3	29,0	70,1
	5	0,080	0,075	0,15	38,0	31,0	65,25
	6	0,080	0,070	0,25	38,8	28,0	67,1
Безвѣсная	7	0,32	0,078	0,692	57,4	17,0	35,9
	8	0,32	0,082	0,697	57,5	15,0	35,2
	9	0,34	0,096	0,709	57,8	16,0	31,1
	10	0,34	0,073	0,701	56,9	18,0	31,3
	11	0,35	0,079	0,718	56,6	17,0	39,8
	12	0,37	0,094	0,709	55,7	19,0	35,2
Для подковокъ и инструмент.	13	0,35	0,094	0,750	63,3	16,0	26,8
	14	0,36	0,060	0,624	60,8	17,5	32,4
	15	0,36	0,062	0,624	62,9	17,0	40,3
	16	0,36	0,071	0,731	58,53	18,0	38,13
	17	0,36	0,075	0,502	60,0	20,0	41,0
	18	0,37	0,084	0,684	67,7	16,0	38,3
	19	0,43	0,077	0,629	69,6	15,0	20,2
	20	0,45	0,096	0,678	69,26	16,5	25,0
	21	0,46	0,067	0,706	65,21	17,5	38,43
	22	0,47	0,077	0,714	85,0	9,0	7,2
	23	0,47	0,090	0,690	80,0	13,0	27,6
	24	0,51	0,083	0,629	91,73	9,0	7,56
	25	0,52	0,081	0,527	82,34	13,3	23,4

Всѣ вышеуказанные сорта стали прекрасно куется и катаются, по своей тягучести, а также не замѣчается трещинъ при ковкѣ даже самыхъ твердыхъ сортовъ инструментальной стали.

Имѣются еще нѣкоторые видоизмѣненные способы обуглероживанія, напр.: а) Обергаузенскаго завода, сущность котораго состоитъ въ обуглероживаніи жидкою смѣсью доломита или извести со смолою при основномъ процессѣ, а песка, глины и шамота со смолою при кислomъ процессѣ; б) Штирійскій способъ состоитъ въ обуглероживаніи древесноугольнымъ порошокомъ, помещаемымъ на дно ковша; при богатой углеродомъ

стали, примѣняютъ два ковша; в) нѣсколько англійскихъ патентовъ на обуглероживание помощью древесноугольнаго порошка.

Но лучшимъ изъ всѣхъ способовъ слѣдуетъ признать Дюделингенскій, не по способности окиси кальція шлаковать кремнеземъ, но главнымъ образомъ по содержанію въ гидратѣ кальція конституціонной воды. Последняя должна выдѣляться раньше, чѣмъ окись извести начнетъ шлаковать кремнеземъ и углеродъ поглощаться сталью. Очевидно, что при столь высокой температурѣ, кака я имѣется въ стали, большая часть воды разлагается на водородъ и кислородъ, изъ которыхъ послѣдній переходитъ бы въ сталь, если бы этому не мѣшала окись кальція. Образовавшійся водородъ, кислородъ и часть неразложившагося водянаго пара проникають черезъ всю сталь и выдѣляются на ея поверхности въ видѣ пузырьковъ газа. Содержаніе водяныхъ паровъ въ пламени надъ ковшомъ гораздо больше соотвѣтственнаго содержанія водорода въ гидратѣ кальція. Пламя не точно такое же, какъ пламя чистаго водорода, такъ какъ оно прозрачно, но не синяго цвѣта. Однако оно состоитъ главнымъ образомъ изъ сгорающаго водорода, а окраска его зависитъ отъ сгорающихъ одновременно частицъ углерода и окиси кальція. Невѣроятно, чтобы часть углерода соединялась съ водородомъ въ углеводороды и въ такомъ видѣ сгорала. Такимъ образомъ гидратъ кальція въ Дюделингенскомъ способѣ не только дѣйствуетъ своею окисью кальція, шлаковую золу и часть набойки ковша, но главнымъ образомъ—своею конституціонною водою. Последняя въ разложенномъ или неразложенномъ видѣ проникаетъ ванну и способствуетъ выдѣленію изъ нея газовъ, такъ что отлитыя болванки при разнообразномъ содержаніи углерода, стунуть хорошо и даютъ плотную сталь. Можно бы предполагать, что разложеніе гидрата кальція понизитъ температуру сразу и такимъ образомъ будетъ мѣшать поглощенію углерода, но на самомъ дѣлѣ пониженіе это настолько незначительно, что обуглероживание даже до 1% идетъ успѣшно и безъ большой потери углерода. Возможно, что незначительное охлажденіе благоприятствуетъ удерживанію углерода сталью, при извѣстномъ его содержаніи и вѣроятно каждая степень обуглероженія стали имѣетъ свою соотвѣтственную температуру.

Предложенный мною способъ обуглероживания (охр. свид. за № 7325) представляетъ то преимущество передъ Дюделингенскимъ, что составъ обуглероживающей смѣси негигроскопиченъ и способствуетъ выдѣленію части сѣры, заключающейся въ расплавленной стали. Онъ значительно уменьшаетъ расходъ марганца, исключаетъ введеніе кремнія и примѣнимъ ко всякой литой стали, если только она достаточно горяча, не требуя измѣненій въ существующемъ производствѣ.

## ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

## Объ усадкѣ стали.

Какъ бы ни были отлиты болванки: сверху или снизу, какой бы ни были ихъ составъ (мягкая или твердая сталь) и какъ бы онѣ не застывали въ изложницахъ (спокойно росли, или садлись), онѣ всегда содержатъ въ верхней части болѣе, или менѣе значительные усадочные свищи, или раковины, иногда разсѣянные и по всей болванкѣ. Раковины эти обусловлены зейгированіемъ, или ликвиціей стали при остываніи. Последняя представляетъ отдѣленіе въ жидкомъ видѣ болѣе легкоплавкихъ составныхъ частей стали, отъ трудноплавкихъ, затвердѣвающихъ въ началѣ. Приведу ниже нѣкоторые опредѣленія, сдѣланные Косманомъ \*) отно сительно ликвиціи стали. Онъ говоритъ, что различные сорта стали, сильно разнящіяся другъ отъ друга по свойствамъ, могутъ зависѣть отъ различнаго состоянія углеродистыхъ соединений во время ихъ затвердѣванія, такъ какъ скрытая теплота плавленія поглощаемая при затвердѣваніи этими соединениями, составляетъ главную причину молекулярнаго измѣненія тѣл. Измѣненія температуры вызываютъ въ молекулярномъ расположеніи частицъ слѣдствія, тѣсно связанныя съ химической ихъ группировкою, что главнымъ образомъ относится къ карбиду желѣза. Если явленіе это имѣетъ мѣсто въ затвердѣвшей уже стали (при ея закалкѣ), то тѣмъ легче оно совершается въ расплавленной смѣси близкой къ затвердѣванію, въ особенности, если она состоитъ изъ различныхъ элементовъ, способныхъ дѣйствовать другъ на друга химически.

Косманъ указываетъ на то, что и въ геологическія научныя изысканія надъ ликвиціей даютъ такіе же результаты, какъ и въ металлургіи, при чемъ приводитъ геологическіе выводы Беккера. «Если остываетъ жидкая смѣсь нѣсколькихъ соединений, то въ ней происходятъ химическія и физическія измѣненія. Образование новаго химическаго соединенія вызываетъ въ расплавленной массѣ другія формы тепловой энергіи, между тѣмъ какъ остатокъ измѣняется химически вслѣдствіе выдѣленія группы молекулъ. Поэтому, если физическое измѣненіе не сопровождается химическимъ образованіемъ, то происходитъ только такая химическая перестановка частицъ, при которой быстрѣе всего идетъ выдѣленіе теплоты. Важнѣйшее изъ физическихъ видоизмѣненій—затвердѣваніе сопровождается всегда выдѣленіемъ тепла, количество котораго равно поглощенному—при образованіи химическаго соединенія. Выдѣляющаяся при остываніи теплота идетъ на образованіе твердыхъ осадковъ опредѣленнаго состава». Въ заключеніе Беккеръ говоритъ, что «изъ смѣси металловъ съ одинаковымъ химиче-

\*) Stahl und Eisen 1893 г. 507 стр. и „Горный Журналъ“ 1894 г. I т. 352 стр.

скимъ составомъ получаются одинаковые продукты затвердѣванія, если они сопровождались одинаковыми внѣшними физическими условіями». Это очень важно для полученія равномерной ликвиці при отливкахъ. Какъ примѣръ приведемъ извѣстный случай остывающей болванки стали. Изъ расплавленной смѣси желѣза съ марганцемъ, кремніемъ, фосфоромъ, сѣрною и пр., раньше всего выдѣляются тѣ элементы, которые легче всего образуютъ соединенія съ другими по своей нисшей скрытой теплотѣ. Эти элементы—чистые металлы: ихъ незначительная скрытая теплота и теплоемкость при большой теплопроводности обуславливаютъ высокую точку плавленія; понятно, что болѣе трудноплавкія тѣла раньше выдѣляются при затвердѣваніи. Освобождающаяся при этомъ теплота сообщается остальнымъ соединеніямъ расплавленной массы, обогащенной  $C$ ,  $P$ ,  $Si$  и  $S$ . Въ ней образуются болѣе легкоплавкія соединенія съ высокою скрытою теплотою, нисшая точка плавленія которыхъ зависитъ отъ поглощенія большаго количества тепла при ихъ образованіи. По высокой теплоемкости и малой теплопроводности соединенія эти поглощаютъ большую часть теплоты, выдѣляющейся при затвердѣваніи механическихъ частицъ. Теплота эта идетъ не только на разжиженіе остатка, но и переходитъ отчасти въ химическую энергію, вызывающую образованіе новыхъ химическихъ соединеній, напр. разложеніе фосфористаго и сѣрнистаго желѣза марганцемъ съ образованіемъ одноименныхъ соединеній марганца. Послѣднія, какъ соединенія съ большею скрытою теплотою собираются въ верхней части болванки вмѣстѣ съ желѣзомъ, богатымъ углеродомъ и кремніемъ и составляютъ послѣдніе продукты затвердѣванія. Здѣсь же выдѣляются и газы, по своему малому удѣльному вѣсу. Эти легкоплавкія соединенія занимаютъ большой объемъ въ расплавленномъ состояніи, отвѣчающій ихъ теплоемкости, а при остываніи и сжатіи массы обуславливаютъ образованіе усадочной раковины. Косманъ упустилъ изъ виду, что размѣры усадочныхъ раковинъ вовсе не отвѣчаютъ тому незначительному количеству примѣсей, которое содержится въ стали. Кромѣ того, въ сталл одного и того же химическаго состава, въ которой слѣдовательно заключаются одинаковые объемы легкоплавкихъ соединеній, могутъ образоваться усадочныя раковины различныхъ размѣровъ, смотря по тому при какой температурѣ была розлита сталь. Горячая сталь содержитъ больше растворенныхъ газовъ, чѣмъ холодная а потому даетъ и большую усадочную раковину.

Все остальное въ выводахъ Космана справедливо—это первое научное объясненіе усадки стали. Прежнія наблюденія Снелюса, Штубба \*), Ледебура \*\*), Эклэ \*\*\*) и др. подтверждаютъ существованіе такой лик-

\*) Stahl und Eisen 1882 г. стр. 57.

\*\*) Stahl und Eisen 1886 г. стр. 45.

\*\*\*) Iron 1888. Т. 31, стр. 495.

ваціи, хотя она была разсматриваема, какъ мнимое зейгированіе. Явленіе это понимали съ физической точки зрѣнія, какъ дѣйствіе процесса плавленія, и выражались, что металлы *бродятъ* въ верхней части болванки, какъ остающейся дольше всего въ жидкомъ состояніи. Бельгійскіе инженеры Плягенъ и Гнердэнъ говорятъ, что ликвація имѣетъ мѣсто не только въ отлитой болванкѣ но и въ разливочномъ ковшѣ, такъ какъ болванки отлиты раньше, чѣмъ послѣднихъ; содержаніе углерода подъ конецъ литья возвышается; содержаніе марганца въ первыхъ болванкахъ выше, чѣмъ въ послѣднихъ; содержаніе фосфора въ первыхъ болванкахъ самое меньшее.

Изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что ликвація является слѣдствіемъ реакціи теплоты, поглощенной во время плаванія тѣлъ, при чемъ теплота эта, выдѣляясь при затвердваніи части металла и освобождаясь при видоизмѣненіи строенія частицъ, переходитъ въ химическую энергію. Средства для очистки и уплотненія стали: собраніе и удаленіе въ жидкомъ видѣ продуктовъ ликваціи, или ослабленіе ихъ дѣйствія. Первый способъ осуществляютъ Вильдинсомъ \*) онъ состоитъ въ сжиманіи болванки, застывшей отчасти въ изложницѣ, при чемъ наружу, выдавливается жидкая часть металла и собирается въ пространствѣ подъ крышкою, образуя *прибыль* удаляемую впослѣдствіи. Вторая задача пока ждетъ еще разрѣшенія.

Ликвація стали подробно разбиралась на конгрессѣ инженеровъ въ Чикаго, приведу ниже нѣкоторые мнѣнія.

Пурсель говоритъ, что хотя нѣтъ опредѣленныхъ законовъ, по которымъ происходитъ выдѣленіе примѣсей стали, но по многочисленнымъ опытамъ можно утверждать, что примѣси эти выдѣляются въ слѣдующемъ порядкѣ: углеродъ, фосфоръ, сѣра, кремній и марганецъ; на послѣдній меньше всего дѣйствуетъ ликвація. Мѣдистая сталь можетъ быть сдѣлана однородною, но очень трудно получить однородную вольфрамовую и хромистую сталь. Въ высшей степени однородною является никкелевая сталь; никкель ускоряетъ застываніе. Дальше Пурсель говоритъ, что ликвація имѣетъ мѣсто при остываніи и главнымъ образомъ въ части болванки, затвердѣвающей на концѣ. Слѣдуетъ принять, что жидкій металлъ въ ковшѣ однороденъ: по его наблюденіямъ мягкая сталь изъ ковша въ началѣ и подъ конецъ разливанія не различалась замѣтнымъ образомъ по химическому составу. Кампбелль же нашелъ разницу: въ содержаніи углерода—0,045% въ удлиненіи 3,5% (при длинѣ бруска въ 200 м.) и въ сопротивленіи разрыву—2,1 кил. при началѣ и концѣ разливанія для 12 и другъ за другомъ слѣдующихъ плавовъ. Гоузъ го-

\*) Stahl und Eisen 1889 г. 85 стр.



говорить, что нельзя приписать несовершенному размѣшиванію добавочныхъ матеріаловъ ликвацію наблюдаемую въ твердой и мягкой стали. По всему видно, что нельзя избѣжать ликваціи какъ въ твердой, такъ и мягкой стали. Даже въ тигельной инструментальной стали, отливаемой въ видѣ маленькихъ болванокъ въ 30—40 кил., рѣдко можно найти однородную полосу въ 2—3 метра длиною.

Пурсель полагаетъ, что отъ неотлучной ликваціи можно избавиться, приготовляя въ основныхъ печахъ изъ чистыхъ матеріаловъ сталь съ содержаніемъ углерода меньше 0,1%, Mn—0,1 и слѣдами сѣры, которую можно разливать при прибавленіи 0,1% Al безъ измѣненія состава. Если отъ такимъ образомъ приготовленной болванки отрѣзать верхнюю  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ , то получится однородная сталь, вполне пригодная для котельныхъ листовъ. Въ отрѣзанной прибыли будетъ около C—0,12% и P—0,03%. Заводъ Портъ Кляренсъ стиль Уерксъ готовитъ вышеописаннымъ образомъ болванки въ 1000—1500 кил. вѣсомъ и въ 450×450 мм. сѣченіемъ, обжимаетъ ихъ сначала подъ прессомъ, а затѣмъ прокатываетъ на проволоку для кабелей безъ малѣйшаго брака.

Р. Гэдфильдъ подтвердилъ все сказанное Пурселемъ относительно ликваціи за исключеніемъ неоднородности хромистой стали. Онъ сказалъ, что въ стали съ 2% Cr, рѣдко наблюдается разница въ 0,1%. Тоже относится къ марганцовой и кремнистой стали (съ 2,5% Si).

Куннингамъ подтвердилъ непремѣнное присутствіе ликваціи, прибавивъ, что самими вредными въ этомъ отношеніи являются фосфоръ и сѣра.

Мнѣніе Г. Гиббарда и изслѣдованія Стифенсона и Кэнта приведеная въ главѣ XVII-ой, отд. IV.

Въ заключеніе приведу выводы Юптнера \*), которые онъ сдѣлалъ изъ результатовъ анализа различныхъ частей одной и той-же болванки. «Еще очень много неяснаго въ составѣ стали, что вполне понятно, такъ какъ чугуны и сталь вовсе не представляютъ однородныхъ тѣлъ. Они содержатъ не только графитъ, но по новѣйшимъ изслѣдованіямъ различные, такъ сказать, «минералогическіе индивидуумы». При этихъ условіяхъ понятно, что анализы желѣза и стали, производимые современнымъ способомъ, могутъ дать также мало понятія о свойствахъ этихъ металловъ, какъ валовой анализъ куска измельченнаго гранита о свойствахъ этой горной породы.

Хотя очень похвально современныя стремленія къ усовершенствованіямъ въ выполненіи «элементарнаго анализа» желѣза, но съ другой стороны мы еще не сдѣлали ни одного шагу на пути, который обѣщаетъ гораздо больше результатовъ и указаній, а именно: аналитически-химическое разложеніе сплавовъ желѣза на ихъ составныя части. Такія раз-

\*) Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1893 г. 619 стр.

ложенія дадутъ непосредственныя количественныя и качественныя опредѣленія ближайшихъ составныхъ частей металлическихъ сплавовъ; они несомнѣнно составятъ въ ближайшемъ будущемъ главную задачу металлургической химіи». Мартенсъ говоритъ, что достаточно одного взгляда въ микроскопъ, чтобы убѣдиться въ вѣрности заключенія Юитнера.

Изъ всего вышесказаннаго о ликваціи можно вывести заключеніе, что она почти устраняется, или по крайней мѣрѣ дѣлается неощутительной въ отношеніи качествъ стали двумя способами: I-ое приготовленіемъ очень чистой стали. и II-ое ускореніемъ застыванія стали въ изложницахъ, вводя въ составъ ея трудно плавкіе элементы, какъ напр. никкель. Оба способа слишкомъ дороги въ настоящее время, но слѣдуетъ признать большимъ успѣхомъ безспорное установленіе факта ликваціи, такъ какъ это позволяетъ думать объ изысканіи средствъ къ ея исключенію или по крайней мѣрѣ парализованію.

