

ЦЕНА 1 РУБ. 10 КОП.  
МЧ-65-3-2

Э43

1932

ГОСМАШИНИЗДАТ

167

Ш. 35

ИНЖ. В. Н. ШВЕЦОВ

# ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В МЕТАЛЛУРГИИ

Ииж. В. Н. ШВЕЦОВ

Л. 57. I

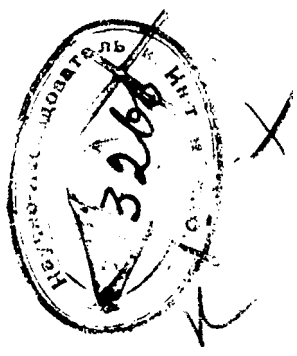
5

ЭЧЗ

**ОГНЕУПОРНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ  
В МЕТАЛЛУРГИИ**

---

Государственное научно-техническое издательство  
по машиностроению, металлообработке и черной металлургии



ГОС. ПУБЛИЧНАЯ  
НАУЧ.-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА СССР

4181 <sup>14</sup>/<sub>60</sub>

1

29.8

Редактор Я. Ю. Вейнберг. Техн. редактор Кофман  
Сдано в набор 31—X 31 г. подпис. к печ. 11—IV 32 г. Издат  
№ 127. Инд. Т. 14, тираж 11250 кол. печ. л., 5½ кол. печ.  
знак в л. 50960, формат бум. 62×94. Уполн. глав. Б 18588  
Заказ № 1486.

# ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О МАТЕРИАЛАХ, УПОТРЕБЛЯЕМЫХ ДЛЯ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

## 1. Введение

Огнеупорными материалами и огнеупорными изделиями называются такие материалы и изделия, которые при высоком нагреве, т. е. при действии высокой температуры, не разрушаются. Материал тем более огнеупорен, чем более высокий нагрев он выдерживает и чем менее поддается разрушению от шлаков, получающихся в фабричных печах от горящих газов или от действия других материалов. В настоящее время в нашем распоряжении имеется значительное количество разных огнеупорных материалов и изделий, применяемых в металлургических процессах или в виде кирпича, или в виде порошка и разных фасонных изделий. При практическом применении огнеупорных материалов приходится считаться со следующими главными их свойствами: 1) строением, в зависимости от их происхождения; 2) химическим составом; 3) температурой плавления; 4) температурой спекания; 5) удельным весом; 6) твердостью; 7) механической прочностью.

Преимущественное влияние тех или иных из перечисленных свойств обуславливает их применение на те или иные огнеупорные изделия. Большая часть огнеупорных материалов добывается из земли в виде горных пород или минералов, которые могут быть кристаллического строения, т. е. состоят из частиц правильной геометрической формы, похожей на куб, призму, пирамиду и т. д. и аморфного строения, т. е. состоят из мелких бесформенных зерен, спаянных между собой каким-либо цементом. Наибольшее значение для производства огнеупорных изделий имеют: глина, известняк, магнезит, доломит, хромистый железняк и кварц.

## 2. Глина

Глина есть продукт—разрушения полевошпатовых горных пород. Разрушение происходило путем действия воздуха, воды, тепла, холода, окислительных свойств разных веществ и т. д. После раздробления, измельчения и истирания частиц друг о друга, сложные породы распались на полевой шпат, кварц и слюду. Полевой шпат служит источником образования глины. Глина представляет отмытый и отложенный водой продукт разрушения полевого шпата. Вода уносила легкие минеральные частицы полевого шпата в лощины и долины; там частицы осаждались и образовали пласты глины, поэтому глина относится к породам осадочного происхождения.

Способность глины в сыром состоянии принимать и сохранять определенную форму называется пластичностью. Глины, обладающие большой пластичностью, называются жирными. Глины непластичные или слабо пластичные называются тощими или сухими.

С пластичностью глины тесно связана ее усадка при сушке и при обжиге. Жирные глины дают большую усадку, нежели тощие. Глина способна впитывать в себя до 70% воды; усадка объясняется выделением воды во время ее сушки и прокаливания. При прокаливании глины свыше 400° она теряет гидратную (химически соединенную) воду и теряет пластичность, т. е. способность образовывать пластичное тесто. Гигроскопическая влага выделяется из глины при 100—130°. После сушки и обжига глина, в зависимости от степени ее пластичности, уменьшается в объеме до 50%. Наибольшее практическое значение при получении огнеупорных изделий имеют следующие свойства глины: а) микроструктура, б) температура спекания, в) температура плавления, г) температурный интервал между температурой спекания и температурой плавления, д) химический состав и е) пластичность.

По структуре все глины резко можно разбить на две группы: а) пластичные — аморфного строения, имеющие воскообразный вид даже при увеличении до 400 раз, таковы: челябинская часов-ярская и б) сланцевые — сухие, состоящие из блестящих белых пластинок, таковы: чебаркульская и белые глины заводов Красногоровского и им. Дзержинского.

Есть и промежуточные сорта, состоящие как бы из смеси первых двух. Последние должны быть отнесены к глинам второго сорта, так как они кроме того содержат много свободного кремнезема в виде зерен кварца различной величины.

На более ответственные изделия, каковыми являются например пробки и стаканы для разливных ковшей, предпочитается употреблять пластичные глины, причем шамот готовится из них же и лишь в целях экономии шамота добавляется иногда часть более тощей сланцевой глины. Вторые сорта глины идут на менее ответственные изделия, как например сифоны или кварцево-глинистый кирпич, заменяя собой везде, где это по техническим условиям возможно, пластичные дорогие глины.

Лучшие глины жирны наощупь, очень пластичны, белого цвета, без всяких посторонних примесей и без всяких прослоек, видимых простым глазом.

Для сравнительной характеристики качества глин, употребляемых разными заводами СССР, прилагается табл. 1 (стр. 5).

Данные этой таблицы говорят далеко не в пользу уральских глин. Отношение глины к нагреву имеет громадное значение и экономическое, и техническое. Глины, спекающиеся при низких температурах, дают возможность вести обжиг изделий при температуре, стоящей немногим выше температуры спекания данной глины, так как нет надобности греть ее выше температуры, при достижении которой процесс усадки и уплотнения ее уже закончился. В этом отношении наибольшую ценность имеют глины с наибольшим температурным интервалом. Так например глина часов-ярская, имеющая температурный интервал в 510°, несравнимо выше глины челябинской, имеющей температурный интервал всего лишь в 190°. Часов-ярская глина имеет высокую температуру плавления 1760° и низкую тем-

Таблица 1

Наименование глин	Влаги	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Потери при про- калке	Температура спекания в °	Температура плавления в °	Температурный интервал в °	Микро- структура и характе- ристика
1. Челябинская	1,44	34,35	50,06	1,22	0,33	0,28	12,36	1350	1540	190	Серого цвета жирная, пласт., аморфного сло- жения
2. Чебаркульская	0,44	32,78	50,72	0,92	5,32	0,28	8,96	1480	1630	150	Белого цвета состоит из блестящих и озрач- ных пласт., д.б. отнес на к классу глин сланцеватых
3. Синеглазовская	2,47	28,42	32,45	1,93	0,35	след	6,80	1450	1590	170	Сходна с челя- бинской
4. Атлянская . .	0,25	20,76	66,90	2,24	1,50	0,29	6,34	1450	1550	100	Светложелтая, пластичного строения
<b>Центральных заводов</b>											
5. Воронежская	1,75	34,14	52,16	1,20	0,73	0,27	11,28	—	—	—	Светлосерая, очень чистая, без примесей, пластичная
6. Боровичский сухарь . . . . .	0,58	27,14	60,18	1,28	0,72	0,33	10,04	1350	1690	190	Белая сланце- ватая
7. Боровичская пластичная . .	1,15	36,53	45,44	1,59	0,20	0,23	15,64	1300	1650	350	Темная, почти черная, пластич- ная
<b>Заводов Юга СССР</b>											
8. Патихатка(за- вод им. Дзержинского) . .	—	38,05	45,12	1,05	—	—	не выш. 12	1250	1770	520	Белая, полукри- сталлическая, пластичная.
9. Часов-ярская	—	36,30	48,66	1,8	1,40	—	12,99	1250	1760	510	Светлосерая, пластичная
10. Глина кунар- ская, употреб- ляемая заводом «Красная кров- ля» (Средний Урал) . . . . .	—	36,42	51,34	1,82	0,33	0,04	11,10	1300	1750	450	Серого цвета, жирная, пласт. аморфная

температуру спекания около 1250°. что обуславливает получение весьма огнеупорных изделий при меньшей затрате топлива. Наоборот, изделия из челябинской или чабукульской глины требуют высокой температуры обжига. давая в то же время малоогнеупорные изделия.

По огнеупорности глины можно разделить на 5 классов. применительно к классификации огнеупорных изделий, установленной комитетом по стандартизации (ОСТ).

Класс 0	Глина высокой огнеупорности, температура плавления которой от . . . . .	1750 до 1830°
„ 1	Глина средней огнеупорности от . . . . .	1700 „ 1740°
„ 2	„ низкой „ . . . . .	1650 „ 1690°
„ 3	„ умеренно-легкоплавкая „ . . . . .	1500 „ 1640°
„ 4	„ легкоплавкая „ . . . . .	1300 „ 1420

С более низкой температурой будут глины очень легкоплавкие, совершенно непригодные для приготовления даже низкокачественных огнеупорных изделий.

Наиболее подходящими глинами для кирпичного дела оказываются огнеупорные глины, выдерживающие температуру от 1650 до 1750°.

Согласно этой шкале часов-ярская глина относится к глинам высокой огнеупорности, а глины южноуральские к глинам низкой огнеупорности.

**Химический состав глин** (см. табл. 1, стр. 5). Глинозем ( $Al_2O_3$ ) является самой ценной и положительной составной частью глины. Хотя и нет прямой зависимости в огнеупорных глинах между высокой или низкой огнеупорностью глин и содержанием в ней глинозема, все же глины особенно богатые глиноземом с содержанием  $Al_2O_3$  более 32% оказываются почти все огнеупорные и максимальную температуру плавления в 1750° дают глины, содержащие не менее 38%  $Al_2O_3$ .

Кремнекислота ( $SiO_2$ ) в глинах содержится и в химическом соединении (силикаты) и в виде механических примесей (песок). Кремнекислота усиливает плавкость и влияние флюсов при высоких температурах.

Магnezия, известь, щелочи и окислы железа действуют как флюсы, сообщая глинам легкоплавкость.

Всех сильнее действует магнезия, за ней известь.

Летучие вещества. К ним относятся: вода, органические вещества, сера, углекислота.

Органические вещества влияют на плотность изделий после обжига, а также и на пластичность глины. Малейшее содержание серы в виде колчедана сказывается весьма вредно, вызывая пятна и свищи, серы в глине допускается не более 0,04%. По составу глина должна содержать не менее 32%  $Al_2O_3$ ; влажности после высушивания на воздухе допускается не более 15%. При влажности свыше 20%, а также глина с содержанием железного колчедана не принимается. Содержание  $MgO$  в глинах не должно превышать 0,2%.

### 3. Известняк, магнезит, доломит и хромистый железняк

**Известняк** по составу есть углекислый кальций ( $CaCO_3$ ). Если на него налить кислоты, то из него выделится с шипением углекислый газ.

При накаливании известняка из него также выделяется углекислота, причем остается хрупкая, белая известь. (окись кальция (CaO), называемая негашеной известью. С водой образует тестообразную массу, которая называется известкой. а в разбавленном виде известковым молоком.

Известняк представляет много разновидностей.

**Обыкновенный известняк**—самая распространенная порода; удельный вес — 2,7, твердость — 3,0. Окрашен в большинстве случаев в серые или яркие цвета. Плотный камень. Известковый камень употребляется в заводском деле главным образом как флюс в доменном и мартеновском производствах, входя в состав шлаков. Гашеная известь употребляется при приготовлении кварцевого кирпича «динас», служа цементом для зерен кварца.

**Магнезит**—по составу есть углекислая закись магния (MgCO<sub>3</sub>). Удельный вес—3,0; твердость—4,0. При обжиге дает окись магния (MgO). Крупный порошок магнезита, обожженного при температуре в 1500° дает металлургический магнезит. Металлургический магнезит идет на наварку и заправку пода мартеновских печей.

Магнезит добывается в большом количестве около Сатки (Урал) на заводе «Магнезит», где и перерабатывается на огнеупорный магнезитовый кирпич и магнезитовый порошок разного назначения.

При добыче магнезит получается в виде следующих сортов:

а. **Первый сорт.** Чистый плотный кусковой магнезит. Отсортировывается в кусках не менее 100 мм и не более 300 мм для загрузки в печи, особо предназначенные для обжига магнезита, идущего на приготовление кирпича.

б. **Второй сорт.** Слабый кусковой магнезит. Механически непрочен и от легких ударов молотка рассыпается в песок. Химически так же чист, как и первый сорт. В виде кусков от 100 до 300 мм идет на загрузку печей для отжига. На каждые 2—3 вагонетки первого сорта загружается одна вагонетка второго сорта.

в. **Третий сорт.** Кусковой плотный магнезит с прослойками доломита и кальцита. Идет на загрузку в печах для обжига как примесь к первым двум сортам в размере не более 25% и грузится только в те печи, которые обжигают магнезит на металлургический порошок.

г. **Магнезитовый песок.** Идет в отвал как пустая порода, но при наличии соответствующих трубчатых печей может быть использован на обжиг металлургического порошка.

Анализ магнезита	Первый сорт в %	Второй сорт в %	Третий сорт в %	Магнезитовый песок в %
MgO не менее . . . . .	45	47	40	45
CaO не более . . . . .	1,5	1,5	6,0	1,5
SiO <sub>2</sub> „ „ . . . . .	1,0	1,0	1,5	2,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> „ „ . . . . .	0,5	0,5	0,75	1,0



**Доломит**—состоит из углекислой извести и углекислой магнезии ( $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{MgCO}_3$ ) удельный вес — 2,9; твердость — 4. Представляя собой средний материал между известняком и магнезитом, доломит употребляется частью как флюс и главным образом на наварку и заправку пода мартеновских печей.

**Хромистый железняк**—удельный вес 5,5; твердость 6. В состав его входят главным образом окись хрома ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) и окись железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), черного цвета, с железным блеском. Очень огнеупорная горная порода; плавится при температуре около  $1800^\circ$ . Добывается на Южном Урале, за Миасом. Употребляется или в сыром виде в кусках на кладку стен мартеновских печей, или в виде кирпича. В молотом виде идет на заделку выпускного отверстия и заправку передней и задней стенок основных мартеновских печей.

Хромистый железняк не должен содержать прослоек и прожилок примесей других пород. Должен быть аморфного сложения, черного цвета, весом кусков не менее 15 кг. Такие требования предъявляются к железняку, употребляемому на кладку стен мартеновских печей.

Для приготовления кирпича железняк с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  менее 45% употреблять не следует, так как кирпич в противном случае получается легкоплавким. Для заделки выпускных отверстий содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  может быть снижено до 40%.

#### 4. Кварц

**Кварц** —  $\text{SiO}_2$ . Кремнезем или окись кремния, твердость 7.

Кремнезем самая главная составная часть динаса. Под влиянием нагрева и действия высоких температур при разных условиях природный кремнезем претерпевает целый ряд изменений. Начало этих изменений соответствует определенным температурам—критическим точкам.

При выяснении качеств, характеризующих природный кремнезем, необходимо остановиться на рассмотрении следующих его свойств: 1. Происхождение и строение. 2. Химический и минералогический состав. 3. Огнеупорность и прочность при нагреве. 4. Удельный вес и 5. Микроструктура.

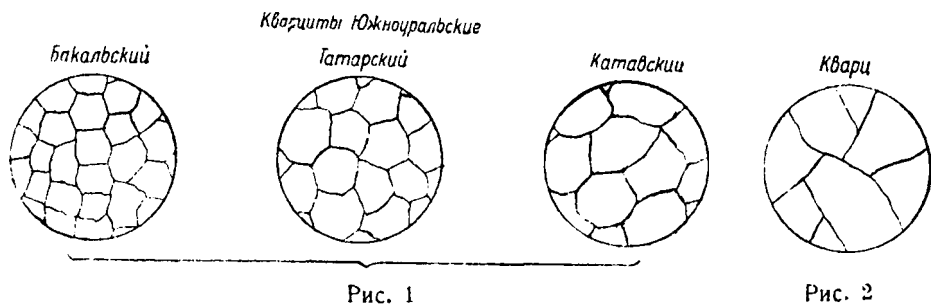
**Происхождение и строение кремнезема.** Кварц в природе встречается в самых разнообразных видах и формах. Есть кварцы бесцветные, белые, розовые, синие, черные и т. д. Есть прозрачные и непрозрачные. Встречаются в кристаллах, зернах и сплошными массивами с зернистым, волокнистым или плотным строением. В самом чистом состоянии, в виде бесцветных кристаллов называется горным хрусталем. Белый, как молоко, называется молочным кварцем. Кварц есть кремнезем в безводном состоянии. Кремнезем в химическом соединении с водой (гидрат кремнезема) встречается в природе в виде халцедона, кремния, яшмы и опала. Образовался халцедон из кремнистого раствора, который явился вдруг или просачивался понемногу в небольшие пустоты неправильной или округленной формы и отвердел в них желваками. При выветривании горных пород кварц остается без изменений в своем составе, только крошится и обращается в песок.

Чистый бесцветный кварцевый песок редок, обыкновенно он бывает окрашен от примесей железистых минералов и глин в желтый или красноватый цвет. Песок впоследствии уплотняется под давлением вышележащих

наносных слоев земли и цементовался или раствором глинистого вещества, образуя в этом случае новую горную породу, называемую **песчаником**, или цементовался раствором кремнезема и халцедоном, образуя **кварциты**. Кремнезень, так же как и халцедон темный, его цвет обуславливается содержанием в нем органических веществ.

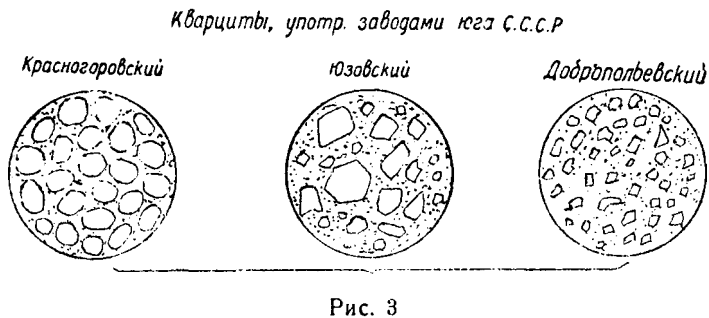
Чем плотнее кремнезем, тем он проявляет большую сопротивляемость и неизменяемость под влиянием нагрева.

Уральские кварциты иногда трудно отличить простым глазом от кварца: настолько они плотны и настолько в них зерна кварца плотно спаяны между собою с чуть заметной сеткой (рис. 1 и рис. 2). На рис. 1, 2, 3 и 4



изображено строение природного кремнезема, видимое через стереоскопический микроскоп при линейном увеличении, равном 20, т. е. увеличенное в 400 раз и зарисованное так, как оно представляется через микроскоп.

В кварцах южных заводов преобладает сетка кремнезема вторичного происхождения, а зерен кварца меньше. В них сетка отчетливо видна не только через микроскоп, но даже через лупу (рис. 3).



В некоторых сортах кварцита, например в очеретинском, преобладание осадочного кремнезема настолько велико, что зерна кварца в нем включены лишь изредка и очеретинский кварцит, в сущности уже не кварцит, а халцедон (рис. 4).

Перерождение под влиянием нагрева кремнезема южных кварцитов в тридимитовую разновидность идет быстрее и начинается при более низкой температуре, нежели уральских,

Наш опыт показывает, что зерна кварцита слоистого или пестрого строения разрушаются в динасе по этим слоям, сообщая динасу способность выкрашиваться до момента его ошлакования в условиях работы мартеновских печей. Кварцы в этом случае ведут себя подобным же образом, если зерна размола кварца превышают 3 мм в поперечнике. В общем же практика показала, что хороший динас можно приготовить и из кварцев и из кварцитов при условии совершенной однородности их строения, чистоты и особых способов для каждого материала измельчения, шихтовки и обжига.

Кварцит Очеретинский

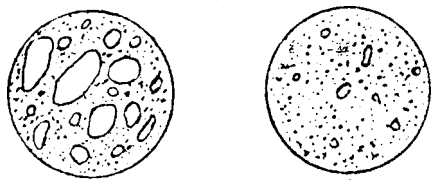


Рис. 4

**Химический и минералогический составы.** Количество вредных примесей в сыром материале не должно превышать известных пределов, сообщаящих динасу легкоплавкость. Присутствие примесей свыше 3% уже вредно.

Характер примесей имеет большое значение. Равномерное их распределение в тесном смешении с кремнеземом, как например у халцедона, способствует образованию стекла при низкой температуре, а следовательно и быстрому растворению зерен кремнезема в силикате.

Групповые и сосредоточенные включения образуют легкоплавкие ячейки.

На табл. 2 (стр. 11) перечислены наиболее характерные виды сырых материалов, употребляемых некоторыми заводами Урала и юга СССР.

**Огнеупорность и прочность при нагреве.** Кристаллические кварцы, как наиболее химически чистый кремнезем, очень огнеупорны, но при быстром нагреве растрескиваются, а при прокаливании рассыпаются в белый аморфный порошок.

Мелкозернистые кварциты сохраняют некоторую прочность до 1450°; при прокаливании рассыпаются на исходный песок.

Ни один из видов кремнезема в плавильном пространстве мартеновской печи не плавится. Определение температуры плавления лабораторным путем для всех видов кремнезема дает цифры близкие друг к другу, так что судить по температуре плавления о качествах материала довольно трудно. Кварциты южных заводов показывают несколько большую температуру плавления.

**Удельный вес** сырых кварцитов южных несколько ниже удельного веса кварцитов уральских, состоящих из зерен, спаянных без халцедоновой сетки. Наибольший удельный вес имеют кварцы.

Все виды кремнезема, испытанные нами помощью нагрева при разных температурах в кирпичеобжигательных печах в условиях медленного повышения температуры и медленного же охлаждения, не дали значительных колебаний в удельном весе (табл. 3 на стр. 12).

Таблица 2

Название материалов	Потери при прокалке	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Удельный вес	t° плавления	Строение	Характеристика
<b>Кварцы</b>											
1. Лекарский, добыв. около села Сыростан, уполтр. Златоуст. заводом . . . . .	0,10	99,20		0,40	0,04	0,11	—	2,64	1720	Мелкокристаллич. (Рис. 53)	Белый, на поверхности имеет налет окислов железа
2. Темного царства назыв. по имени урочища около села Сыростан, употреблялся ранее Златоуст. зав. . . . .	0,32	99,5	0,05	0,30	следы	0,05	следы	0,05	1730	Крупнокристал. длинный спайки нет	Хрусталевидный иногда дымчатый
3. Криворожский, употребляется зав. им. Петровского в Днепрпетровске . . . . .	нет	97,7	1,93	0,63	—	0,68	—	2,65	1750		Серый, плотный, однородный
<b>Кварциты</b>											
4. Татарский, употребляется Златоусовский заводом отборный . . . . .	нет	98,00		1,88	следы	следы	0,11	2,65	1740	SiO <sub>2</sub> = 0,11 (Рис. 9 и 1)	Серый однородный.
рядовой . . . . .	0,13	96,75		3,00	следы	следы	0,11	2,65	1730		Полосчатый и пятнистый
5. Бакальский, добыв. на Бак. руд., как вскрыша пустой породы . . . . .	0,34	98,86	0,04	0,46	нет	0,21	0,21	—	выше 1740		Белый однородный
6. Катавский, добыв. около Катав.-Ивановск. завода . . . . .	—	96,19	0,89	1,77	следы	0,33	—	2,62	выше 1740	(Рис. 11 и 1)	Серый с красными прослоками железа
7. Добрыпольевский, употребляется зав. им. Петровского . . . . .	0,9	95,20	2,09	0,77	—	0,84	—	2,65	1780	(Рис. 10 и 1)	Плотный очень мелкозернистый
8. Очеретинский употребляется зав. им. Петровского . . . . .	1,14	95,04	2,01	0,77	—	0,56	—	2,60	выше 1750	(Рис. 3)	Мелкозерн. серого цвета халцедонов.
9. Красногоровский . . . . .	анализа		не	произв.	водилась			2,60	1790	(Рис. 3)	Смесь р. зч. кварцита сер. и красноват. цвета
10. Билимбаевский, уполтр. Верхне-Исетск. завод . . . . .	0,18	98,20	0,52	0,68	0,04	0,28	нет	—	1750	Плотный, сходен с татарским	Серый

Таблица 3

Испытания в заводских печах помощью нагрева кварцев и кварцитов, употребляемых Златоустовским керамическим заводом на приготовление динаса

Наименование материалов	При условии очень медленного нагрева и медленного охлаждения						При условии быстрого нагрева										
	Потеря в весе в %			Увеличение объема в %			Удельный вес после обжига			Увеличение объема в %							
	При t° обжига		При t° обжига	При t° обжига		При t° обжига	При t° обжига		При t° обжига	При t° нагрева		При t° нагрева					
	835	1000	1200	1450	835	1000	1200	1450	835	1000	1200	1450	835	1000	1200	1450	
<b>Кварцы</b>																	
1. Темного царства . . .	0,55	0,18	0	0,78	0	3,75	4,35	6,63	2,66	2,65	2,65	2,56	2,36	—	—	—	—
2. Л.-карский . . . . .	0	0,34	0,21	0,42	0	1,87	8,27	7,81	2,66	2,65	2,63	—	2,47	—	—	—	—
<b>Кварциты</b>																	
3. Татарский отборн. . .	0	0,51	0	0,18	0	4,3	1,06	4,25	2,65	2,65	2,67	2,64	2,27	0,83	1,05	1,62	—
4. " рядовой . . . . .	0,03	0,40	0,21	0,24	0	3,48	3,22	6,47	2,67	2,66	2,67	2,60	2,28	2,24	1,43	1,66	—
5. Катавский . . . . .	0	0,80	0,53	0,18	0	8,24	3,94	8,49	2,65	2,66	2,65	2,62	2,26	1,32	1,70	1,39	—
6. Кремль . . . . .	1,47	1,3	3,13	3,16	0	0,24	13,38	—	2,52	2,49	2,44	2,28	2,33	—	—	—	—

При быстром нагреве в плавильном пространстве мартеновской печи все они переходят в аморфный порошок удельного веса около 2,32. Те же материалы при тех же условиях нагрева, но в тесном смешении с глиной и известью, т. е. в динасе, тем скорее приближаются удельным весом к 2,32, чем более введено в шихту глины и извести, причем известь действует сильнее, нежели глина; окись железа (руда, красная глина, окалина) оказывают аналогичное действие с известью.

Разница в отношении к быстрому нагреву при температурах в 800°, 1000°, 1200°, 1470° и 1680° кварцев и кварцитов значительна. Кварцы уже при 800° начинают трескаться, теряя свой прозрачный вид и становясь молочно-белыми, кристалличность нарушается. Зерна кремнезема в кварците постепенно—чем выше температура, тем явственнее—начинают обрисовываться. При  $t=1680-1700^\circ$  связь между зернами нарушается, и кварцит рассыпается в песок.

Увеличение объема при нагревах объясняется: а) образованием трещин и б) ростом самого вещества вследствие перерождений кремнезема.

Максимальный рост при нагреве больших кусков кварцита выразился 8,49%. Этот рост должен быть отнесен главным образом за счет образования трещин.

**Микроструктура.** Изучение микроструктуры имеет решающее значение как для определения доброкачественности сырья, так и изготавливаемого из него кирпича. Поэтому здесь обращается особое внимание не только на изложение строения (микроструктуры) разновидностей кремнезема, но и на метод ее изучения под микроскоп.

## 5. Поляризационный микроскоп

Микроскоп (рис. 5) с тубусом длиной в 170 мм снабжен тремя объективами и тремя окулярами, которые можно комбинировать для следующих увеличений (табл 4, увеличение показано линейное).

Таблица 4

Объективы \ Окуляры	I	II	III
	1	16	19
2	51	62	82
3	165	200	205

Мы пользовались при изучении и фотографировании шлифов окуляром III и объективом 2, т. е. при линейном увеличении 82.

Наиболее резко очерченными рисунки получаются при окуляре I и объективе 3, но для съемки эти изображения менее подходящи, чем предыдущие, так как дают на снимке слишком малой величины кристаллики тридимита и зерна кварца.

Как объективы, так и окуляры легко сменяются. Окуляры вдвигаются своими выступами в соответствующие углубления в нижнем конце тубуса и укрепляются пружинным нажимом *а*. Столик микроскопа *б* вращается вокруг вертикальной оси. В середине столика имеется круглое отверстие. Свет отражается от вогнутого зеркала *в*, проходит через нижний николю-поляризатор *р*, укрепленный в особой обойме под вращающимся предметным столиком и сосредоточивается на шлифе, помещенном на предметном столике. Для концентрации света на шлифе поляризатор при помощи

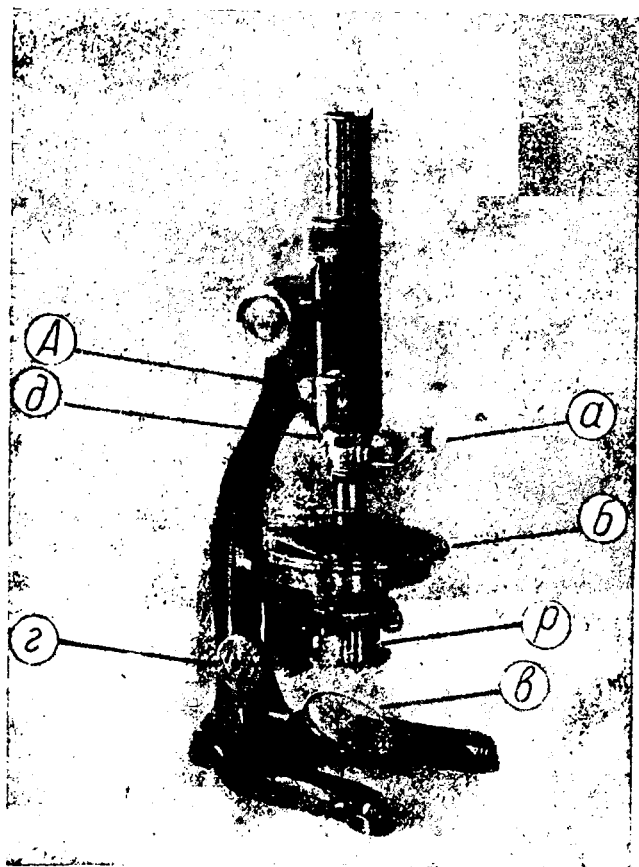


Рис. 5

винта *г* может подниматься или опускаться. С этой же целью (собираения света) свет, отражающийся от зеркала и проходящий через поляризатор, небольшой линзой (на рисунке не видно из-за предметного столика) собирается и сосредоточивается на шлифе.

Положение поляризатора для получения поляризованного света тоже должно быть определенным и регулируется вращением его вокруг своей вертикальной оси и установкой на определенное деление (отметку—0).

Поляризатор снизу вставляется подобно объективу в соответствующую трубку.

В нижней части тубуса имеется прорез  $d$ , служащий для вставки гипсовой пластинки, слюдяной пластинки кварцевого клина и пр. Назначение их—определение оптического характера минералов.

Верхний николь  $A$  (анализатор) вставляется в тубус в соответствующий прорез.

При рассматривании шлифа при скрещенных николях, т. е. при вставленных поляризаторе и анализаторе и при вращении предметного столика вместе со шлифом вокруг своей оси, поляризованный свет при полном обороте зеркала два раза будет усиливаться и два раза ослабляться, следствием чего является потухание цвета (обесцвечивание) в зернах кварца кварцевого динаса или кристаллического кремнезема и потухание (переход из светло-блестящего в темный) кристаллов тридимита в тридимитовом динасе.

Пользование микроскопом в данном случае не составляет особых затруднений. Для фотографирования шлифов микроскоп подставляется под вертикально установленную фотографическую камеру. Сильный свет от электролампы в 400 свечей направляется на зеркало, проходит через поляризатор, через шлиф и микроскоп в целом, фиксируя микроструктуру шлифа на светочувствительной пластинке, вставленной в обыкновенной кассете в фотографическую камеру.

**Приготовление шлифов.** Острое зубило зажимается в слесарных тисках острием вверх. На него накладывается кусок динаса или кварцита и

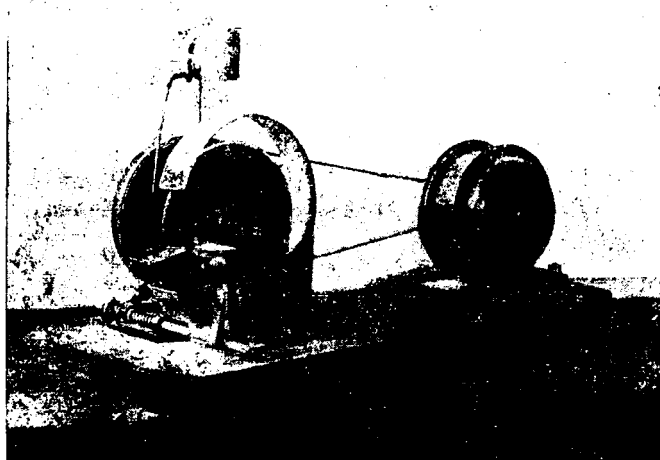


Рис. 6

ударами (заостренным концом) молотка из них выкалывается по возможности правильной формы прямоугольная или квадратная пластинка размером  $15 \times 20$  мм, толщиной около 5 мм. Такую пластинку можно выпилить при помощи быстро вращающегося тонкого жестяного круга резательной машины (рис. 6). Из хрупкого полуразрушенного материала можно выло-



мать пластинку или осколок соответствующих размеров просто вручную. Такой материал без предварительной подготовки шлифовке не поддается, быстро выкрашиваясь.

Динас же вообще весьма порист; поры его во время шлифовки загрязняются точильным материалом. Во избежание загрязнения и выкрашивания образцы перед шлифовкой должны быть пропитаны канадским бальзамом, или раствором канифоли в скипидаре.

В первом случае на пластинку накладывается капля канадского бальзама, и пластинка или осколок подогревается над пламенем спиртовой лампочки на расстоянии 50 мм от языка пламени. При этом бальзам впитывается в поры кирпича. Эта операция повторяется два-три раза до полного заполнения пор в образце.

Во втором случае образцы погружаются в крепкий раствор канифоли в скипидаре и высушиваются на жаровой бане.

Таким образом пропитанная пластинка приобретает необходимую для дальнейшей обработки плотность и прочность.

Затем пластинки или осколок подвергаются грубой обдирке на корундовом или алундовом точиле. При этом образцу придается более или менее правильная фигура квадратной или прямоугольной пластинки толщиной 3—5 мм.

Далее одна плоскость образца отшлифовывается на вращающемся металлическом кружке шлифовальной машины (рис. 7). Шлифовальный

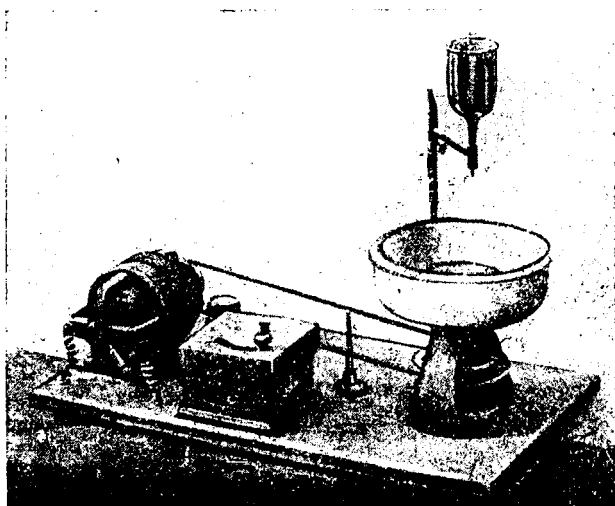


Рис. 7

кружок посыпается вначале точильным порошком карборунда зернистостью 150; карборунд сменяется отмученным наждаком; окончательная пришлифовка производится очень мелким отмученным наждаком на сукне, укрепляемом на том же кружке шлифовальной машины. Скорость вращения круга в 200—300 оборотов вполне достаточна. При большей скорости шлифовальный материал сбрасывается с круга.

Хорошо отшлифованная поверхность, если смотреть на нее через лупу, в зернах кварца показывает совершенно гладкие площадки без шероховатостей. Пластинка тщательно промывается в воде жесткой щеткой, просушивается и наклеивается на предметное стекло канадским бальзамом следующим образом.

На стеклянную пластинку (предметное стекло) помещают одну или две капли канадского бальзама и нагревают ее над языком пламени спиртовой лампы на высоте 50—60 мм. Канадский бальзам при этом расплывается, выделяет в виде легкого дыма небольшое количество летучих веществ, а имеющиеся в нем пузырьки воздуха лопаются. По охлаждению он теряет вязкость и затвердевает, давая черту от ногтя.

Подогрев следует повторить, если бальзам сохранил некоторую вязкость и тянется за ногтем руки. Подогрев следует вести осторожно, не допуская вскипания, так как при этом он будет испорчен, сделавшись пузыристым и хрупким. Так же осторожно стекло с канадским бальзамом подогревается перед наклейкой на него образца, который накладывается на стекло своей пришлифованной площадкой и слегка прижимается к бальзаму и стеклу. В большинстве случаев пластинка плотно прилегает к бальзаму, не имея в плоскости соединения пузырьков воздуха, за чем необходимо следить и удалять их легким нажимом образца к стеклу. Канадский бальзам в твердом виде может быть приготовлен заблаговременно выпариванием из него летучих веществ при температуре кипения воды. От твердого канадского бальзама можно откалывать небольшие кусочки для наклейки препарата.

По охлаждении приклеенного образца на нем отшлифовывается параллельная первой плоскость, сначала на грубом точильном круге, затем на той же шлифовальной машине до толщины в 1 мм. Заканчивать шлифовку, во избежание срыва отдельных кусочков шлифа, лучше вручную на чугунной доске или на листе толстого стекла, пользуясь соответствующими номерами точильного материала.

Когда светлые части шлифа начнут просвечиваться, следует перейти с карборунда на наждак. К концу и непрозрачные части шлифа начинают просвечивать, а сквозь включения кварца можно разбирать напечатанное. После тщательной промывки шлифа и просушки на него накладывается покровное стеклышко с приготовленным на нем вышеуказанным способом канадским бальзамом, наблюдая также при этом, чтобы между стеклами не осталось пузырьков воздуха.

Остатки бальзама удаляются промывкой стекол спиртом. Готовый шлиф нумеруется или алмазом по стеклу, или при помощи бумажной наклейки с соответствующей надписью.

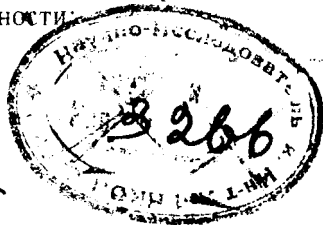
## ДИНАС И ЕГО СВОЙСТВА

### 1. Разновидности природного кремнезема

Природный кремнезем, употребляемый для приготовления динаса можно разбить на три главных разновидности:

1. Кварц.
2. Кристаллический кварцит.
3. Аморфный кварцит.

2 Огнеупорные материалы в металлургии



4181 14/60

**Кварц** для металлургических целей добывался из кварцевых жил и штоков. Уральские кварцы отличаются особой чистотой и высоким содержанием  $\text{SiO}_2$ —до 99,6%. Особенно крупные месторождения кварца на Южном Урале расположены на северо-западном берегу озера Чебаркуль, так называемый малковский (рис. 8).

Главный недостаток кварцев заключается в том, что, имея плотное кристаллическое сложение, они трудно поддаются перерождению, требуя для этого высокой температуры обжига приготовляемого из них кирпича, мелкого раздробления при размоле, дают значительный рост (увеличение объема) в динасе и имеют способность быстро переходить в аморфный (необратимый) тридимит.

**Кристаллический кварцит** представляет собой уплотненный кварцевый песок, зерна которого плотно спаяны друг с другом, без прослоек другой какой-либо породы.



Рис. 8 кварц алковский



Рис. 9 кварцит татарский

В поляризованном свете каждое зерно потухает при вращении столика микроскопа на  $90^\circ$  самостоятельно. Шлиф окрашен во все цвета радуги. Таковы кварциты Урала. Представлены на Урале в неограниченном количестве.

**Аморфный кварцит** (рис. 13) представлен так называемым очеретинским кварцитом, употребляемым южными заводами для приготовления динаса.

«Лучшим материалом для изготовления динасовых кирпичей являются кварциты, состоящие из микроскопических зерен кварца, связанных между собой кремнистым цементом более или менее чистым.

«При высокой температуре как во время обжига кирпича, так и во время его эксплуатации зерна кварца расширяются и дают трещины; цемент более плавкий размягчается и позволяет зернам при расширении их свободно размещаться внутри кирпича, причем сам цемент заполняет трещины, образовавшиеся в крупных зернах, и частично растворяет часть кремния. Этот цемент с примесями в большей или меньшей мере извести, окиси железа, следов щелочи и растворенного кремния представляет собой

превосходную среду для кристаллических формообразований кремния, который выкристаллизовывается частью в окончательной форме и придает кирпичу значительную прочность»<sup>1</sup>.

Но ведь этот же самый процесс происходит с кирпичом, приготовленным из чистого кварца и из кристаллического кварцита. Только для этого

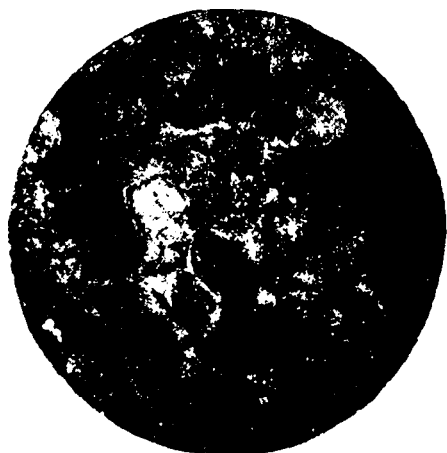


Рис. 10 кварцит катавский



Рис. 11 кварцит бакалевский

должны быть созданы соответствующие условия. Ниже, в приложении, помещены микрофотографические снимки, ясно рисующие картину вышеуказанного процесса.

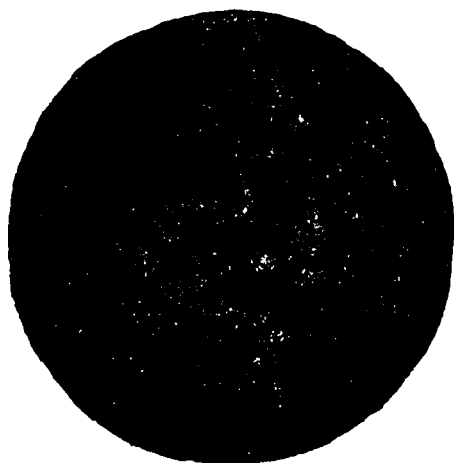


Рис. 12 кварцит сталинский



Рис. 13. кварцит очеретинский

Вот что сообщал об этом проф. Грум-Гржимайло в своем письме к вопросу о производстве динаса в СССР, а наш опыт вполне подтвердил вышесказанные в письме его положения.

<sup>1</sup> Журнал „Тепло и сила“ № 1 за 1926 г., стр. 15. Изложение доклада R. Jordan, Chaleur et Industrie № 59, 1925 г., стр. 135.

«Немцы, а за ними и наши заводы, считают что хороший динас можно готовить только из кремней третичного периода, что ни кварциты, ни песчаники совершенно непригодны для получения хорошего динаса.

«Как всегда, в этом есть капелька истины, зерна слабо обожженного динаса из кремней<sup>1</sup>, так сказать пропыленных железистой глиной и смоченных известковым молоком, легко переходят в тридимит уже во время работы кирпича в мартеновской или стеклоплавильной печи. Это делает возможной работу кварцевого динаса<sup>2</sup>.

«Но совершенно очевидно, что, введя настоящий обжиг, мы можем употреблять для динаса какой угодно кварцевый материал, включая молочно-белый кварц. Американцы готовят прекрасный тридимитовый динас из силурийских кварцитов и далеко опередили Европу в этом отношении. Таким образом для динаса пригоден всякий кварцевый материал, будь то песок, песчаник, кремень, кварцит или кварц, заключающий в себе около 95%  $\text{SiO}_2$ ».

Аморфные кварциты для приготовления динаса употребляются южными заводами. Микроструктура германского и английского кирпича показывает, что он готовится также из третичных кварцитов. Уральские кварциты не менее пригодны для динаса, чем германские.

Кристаллические (нижнедевонские) кварциты, свойственные уральским геологическим формациям, являются несомненно более благоприятным материалом для динаса, нежели кварцы. При этом имеют значение следующие их качества, подлежащие особенно тщательному изучению.

а) Явления расширения кварцитов при нагреве.

Лучшие сорта те, которые дают динас, сохраняющий свой объем на месте назначения, заканчивая увеличение объема при первоначальном обжиге кирпича.

б) Содержание кремнезема в кварцитах, подходящих для динаса, варьирует в пределах 96—98% при 2—4% примесей.

в) Огнеупорность должна соответствовать температуре плавления 1730—1750°.

г) Мелкозернистые кварциты являются лучшим материалом для динаса, нежели крупнозернистые.

д) Кварциты должны быть плотного и однородного сложения с занозистым, несколько чешуйчатым изломом и не должны иметь сланцеватости.

Большая часть уральских кварцитов вообще и татарский (отборный), в частности, вполне удовлетворяют всем этим требованиям.

## 2. Приготовление динаса

(на Златоустовском керамическом заводе)

В процессе приготовления динаса следует отметить следующие операции: дробление и размол кварцита, приготовление массы, формовку, сушку и обжиг (рис. 54).

<sup>1</sup> Немцы их называют аморфными кварцитами, что более соответствует структуре, так как они имеют кремневую сетку, включающую в себя кварцевые зерна. В. III.

<sup>2</sup> Слабо обожженного. В. III.

Большие куски разбиваются сначала вручную кувалдами до размера 100 мм, затем пропускаются через дробилку Блека, перемалываются под бегунами и пропускаются через сито с отверстиями в 3 мм.

Порция в 256 кг полученного таким образом состава перемешивается под бегунами же сначала в сухом виде, потом в продолжение 30 минут с известковым молоком.

Известняк обжигается в кирпичеобжигательных печах при 1200—1300° С. Раствор извести получается в чане, внутри которого подвешен на блоке подвижной ящик с двойным ситовым дном.

Глина берется пластичная, отсортированная, примерно такого состава:  $\text{SiO}_2$ —46,44;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —2,89;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —36,60;  $\text{CaO}$ —0,51;  $\text{MgO}$ —0,15;  $\text{Fe}$ —0,2. Влага и летучих веществ 14,40. Здесь приведен анализ так называемой челябинской глины, обычно употребляемой Златоустовским заводом.

Известняк должен также быть чист и однороден, примерного состава:  $\text{CaO}$ —54,67;  $\text{SiO}_2$ —0,11;  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ —0,56;  $\text{MgO}$ —0,42, летучих веществ 44,02; обжигается попутно с сифонными изделиями и дает хорошо растворимую известь.

На 256 кг помола постепенно заливаются 49 лигров известкового молока, что соответствует 2,5% извести.

Глины добавляется 3,2 кг на 256 кг массы в виде сухого мелко просеянного порошка в начале перемешивания.

Масса получается хорошо смоченной и отлично перемешанной, без каких-либо признаков (под микроскопом) крупинки глины и извести.

Формовка производится на небольших станочках с ножным выталкивателем деревянными молотками в металлических формах; чтобы получить кирпич с острыми кромками, требуется тщательная утрямбзка.

Сушка кирпича задерживается до 2 недель вследствие низкой температуры (не выше 25°), имеющийся в сушилах; последние—с деревянными стойками и деревянными полками—обслуживаются боровками кирпичеобжигательных печей. За последнее время завод перешел на машинную прессовку динаса и быструю сушку при  $t=40^\circ$ .

Кирпичеобжигательные печи все однотипны, с нисходящим пламенем. Число топок у каждой от 4 до 6. На рис. 14 изображена печь № 6, обслуживающая главным образом обжиг динаса. Задние стенки топок подняты до пят свода печи, чтобы создать сожигательную камеру в подсводовом пространстве, а языкам пламени дать направление, нисходящее через всю толщу насадки. Такое устройство сократило выход низкосортного кирпича, оглазурованного продуктами горения до 1%.

В настоящее время все печи переделаны на каменноугольное и торфяное топливо с рекуператорами, причем выход годных изделий на единицу топлива значительно повышен в сравнении с топками, работавшими ранее на дровяном топливе.

Насаживают печи кирпичом большей частью в ёлку, на ребро по длине кирпича, оставляя промежуток для прохода газа, фасонный же кирпич и 300 мм сводовой ставится всегда стояком во избежание его коробления. Печь держится «на парах» 4—5 суток. Держать печь на парах значит слегка подтапливать сначала через две топки, потом 4 и через 3—4 суток все 6. Затем печь пускается на жар.

Рекуперативная  
кирпичеобжигательная печь  
масштаб 1:100

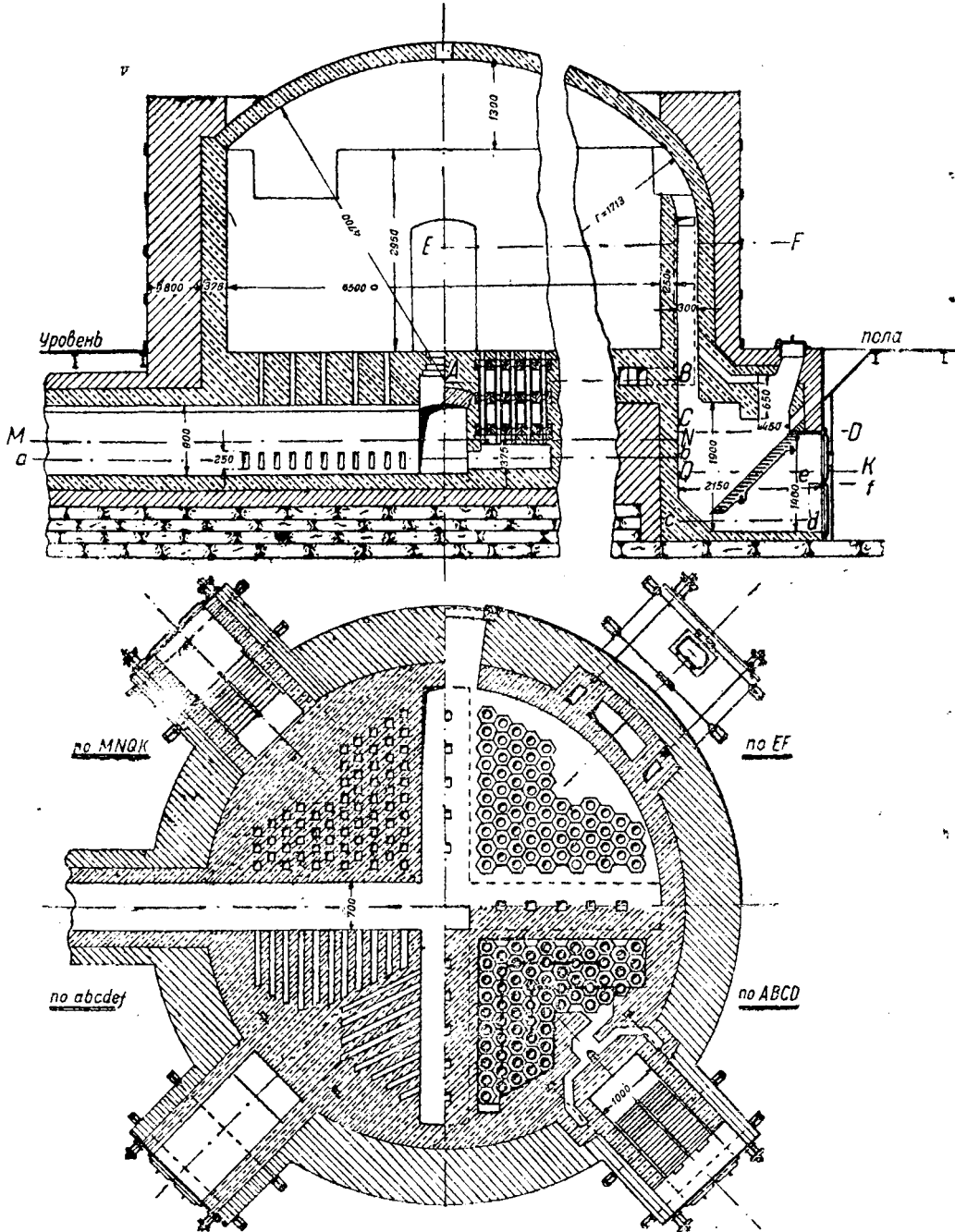


Рис. 14.

При  $t=1200^{\circ}$  обжиг задерживается на сутки. Конечной  $t$  обжига кварцевого кирпича считается достаточным сплавление 17-го конуса, а для кварцитового 16-го конуса Зегера, после чего печь выдерживается еще сутки при этой конечной температуре.

Продолжительность держания печи на жару различна в зависимости от качества топлива.

Для останова все топки и поддувала замазываются глиной с целью медленного охлаждения. При продолжительном пребывании печи на жару суточной выдержки не делается. Топка печи регулируется во время обжига дымовым шибером и зольниковыми заслонками. Наблюдение за пламенем внутри печи и конусами Зегера производится через особые гляделки с глиняными пробками.

При нормальном ходе печи через гляделки должен выбиваться язык синеватого пламени.

Во избежание получения кирпича с верхних и боковых слоев, «в рубашке» динас обкладывается кварцево-глинистым кирпичом. Но вследствие большого выхода брака кварцево-глинистого кирпича от пережога и сплавления обкладывания пришлось оставить, тем более что стоимость динаса и кварцево-глинистого кирпича одинакова. В данном случае оказалось выгоднее получить динас 2-го сорта, идущий в насадку камер мартеновской печи, нежели некоторый процент брака кварцево-глинистого. Выход динаса «с рубашкой» доведен до минимума с поднятием внутренних стенок топок до пят купола печи.

Кирпич получается правильной формы с острыми углами, дает хрещий звон, настолько прочен, что трудно разламывается от ударов молотка, хорошо выдерживает теску и достаточно огнеупорен.

Таблица 5

В Е С	Потеря в весе в %	Длина	Ширина	Толщина	% линей ного измене- ния	% объем- ного из- менения
Только что отформован- ный 7 кг . . . . .	Общая потеря 20	304	148	65	—	—
Высушенный 6 кг . . .	14,28	300	145	65	1,1	3,31
Обожженный 5,6 кг . .	5,72	302	150	65	1,33	4,1

При приготовлении массы на 256 кг ее вливается 48 литров воды, т. е.  $48 \text{ кг} = 18,6\%$ .

Таким образом после просушки кирпича в нем останется 4,32 искусственно введенной влаги.  $5,72 - 4,32 = 1,4\%$  должно отнести на потери при прокладке кварцита и частью за счет влажности кусков кварцита. Сложив рост динаса при обжиге  $4,1\% +$  увеличение объема  $= 9,28\%$ , полученное путем нагревания динаса в тигле электрической печи, получили сумму роста кремнезема кварцита.



### 3. Испытание динаса

Получить кирпич идеальных качеств, чтобы он абсолютно не плавился и не увеличивался в объеме при нагреве, невозможно. Любой кирпич без соблюдения известных предосторожностей при нагреве может быть испорчен. В этом нетрудно убедиться введением кирпичей в плавильное пространство мартеновской печи, т. е. в условия быстрого нагрева и быстрого охлаждения. Кирпич безусловно разрушится и рассыплется. Аналогия разрушения в данных условиях между исходным материалом и изделием из него почти полная. Так, кварцевый кирпич рассыпается как кварц, кварцитовый в отдельных кусках сохраняет некоторую прочность, халцедоновый проявляет наибольшую прочность. Но тут очевидно играет некоторую роль степень цементации отдельных зерен кремнезема. Хорошо цементированный динас, будь то кварцевый или кварцитовый, оказывается наиболее прочным и иногда сохраняет некоторое подобие своей первоначальной формы и довольно значительную прочность в отдельных кусках кирпича. Учитывая это обстоятельство, важно выяснить нормальные условия работы и наибольшего срока службы кирпича в кладке мартеновской печи.

Условия эти таковы:

1. Постепенный и равномерный нагрев печей до температуры плавления, что возможно только при так называемом холодном ремонте мартеновской печи.

Динас неудовлетворительного качества в своде мартеновской печи не выдержит или, как говорят, сплывет или выкрошится, а выкрашиваясь, также поплывет.

Но при быстром нагреве может выкрошиться, а стало быть и сплывть, и хороший кирпич. Так например заплаты свода, вставляемые на горячем ходу, т. е. в условиях быстрого нагрева, всегда быстро выкрашиваются, а затем сплавляются и горят во всяком случае быстрее, чем соседние части выстоявшего свода, хотя бы они были вставлены из лучшего кирпича, чем старый свод.

При холодном ремонте создается благоприятная обстановка для постепенного нагрева, предупреждающего растрескивания, а главное возможность диффузии — насыщения динаса углистыми веществами от генераторных газов и окислами железа, способствующими образованию силикатов и ошлакованию свода.

При быстром нагреве этого не может быть уже потому, что кирпич дает массу трещин, эти трещины заполняются (омываются) жаром и в результате динас плавится и отваливается толстыми сталактитами, в то время как выстоявший свод обычно плавится при чрезмерном поднятии температуры тончайшими нитями, доходящими до поверхности металла.

2. Второе неперемнное обстоятельство, удлиняющее срок службы кирпича, и соблюдение которого обуславливается уже началом работы печи,—ведение первых плавов без острого (колючего) пламени, пока не будет закончено ошлакование свода.

Избыток воздуха сообщает языкам пламени весьма высокую температуру (так называемое «острое пламя») и в период до ошлакования свода причиняет иногда непоправимый вред, сообщая рыхлость кирпичу.

Кроме того избыток воздуха образует на поверхности кирпича тонкий слой глазури, легко отваливающейся при некотором остывании.

Недаром у опытных мартеновщиков сложилось убеждение, что на первых плавок можно испортить свод, и главнейшее внимание у них на свод обращается именно в периоды разогрева печи и ведения первых плавок до ошлакования свода.

Ошлакование служит достаточным средством в дальнейшей работе печи, предохраняющим динас от растрескивания при изменении температуры в печи, которая колеблется в значительных пределах во время перекидки клапанов при загрузке и доводке печи, а именно от 1100 до 1830°.

Наружное оплавление кирпичей, образующее «стекло», не распространяется на более глубокие слои, так как последние вследствие быстрого отвода тепла не достигают температур, при которых происходит размягчение.

Табл. 6 представляет полное описание изломов кирпичей лекарского, Темного царства и татарского, бывших в употреблении по своду мартеновских печей Златоустовского завода. Все три сорта выстояли очень хорошо. Лекарский<sup>1</sup> и Темного царства испытывались одновременно: одна половина свода была выложена из лекарского, другая из Темного царства.

Ошлакование того и другого оказалось почти одинаковым; у лекарского область переходного состояния между наружной изменившейся частью и черным ошлаковавшимся концом по объему более, чем у Темного царства, а у Темного царства переход более резкий и эта область гораздо уже. Помол крупин у Темного царства 3 мм, лекарского 5 мм, татарского 3 мм. Устойчивость лекарского несколько выше, чем Темного царства, цветных поясов у татарского кварцита более, чем у первых двух; переход окраски более постепенный и на большую глубину.

Динас из татарского кварцита сохранился в своду почти целым, потеряв только — 2,5 см своей длины по ошлакованию.

Заплата, вставленная в середину того же свода на горячем ходу, показывает, наоборот, яркую картину разрушения (контур 3—табл. 6 на стр. 26).

Кирпич однородного состава и одного обжига с кирпичом (контур 3) был нами вложен в кладку арки кирпичеобжигательной печи, где, как известно, строго соблюдается равномерный нагрев и равномерное охлаждение печи. После 4 операций обжига динаса в этой печи кирпич, выломанный из арки, приобрел большую механическую прочность, а под микроскопом показывал полную аналогию перерождений со сводовым (контур 2) динасом, но только конечно без цветных поясов, ибо с тычка он был замазан глиной.

Цвета в поясах (контур 2) распределены весьма равномерно с постепенным переходом из одного в другой. Железные пятна в изломе расплылись и уже не представляют пятен с ярко очерченными краями, как это наблюдается на плохо обожженном динасе. Окрашивание поясов 5—6—7 в разные оттенки можно объяснить продолжительным влиянием разных температур по толщине свода (от температуры плавления до температуры наружного воздуха). Силикаты железа глинозема и окиси кальция получают подвижность при 1000—1200° С. Некоторые включения растворяются также при разных и определенных температурах. Отложения в

<sup>1</sup> Называются по имени материала, из которого приготовлены.

**Таблица 6**  
**Строение и состав динаса, бывшего в кладке на своду мартеновских печей**

Вид порошка	Цвет покровов в изломе динаса	Микроструктура при линейн. ув. 20	Потеря при прокалке	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	MgO	Плавяния	Вес
1	Кирпич лекарский и Темного царства Контур 1.	Мелкозернистая стекловатая пузыристая масса со включенной шлама металлик. железистая пузыристая масса с прозрачными стекловидными острыми крошками и блестящими по верхности зерен	—	79,04	4,99	14,01	0,12	1,36	0,20	0,20	1740	2,49
2	Ошлаковавшийся слой	Зерна кварца остались белыми, остальная масса темнубурого цвета	—	82,16	6,82	8,50	0,12	2,32	0,34	0,34	1740	2,47
3	Кирпич татарский	Зерна кварца остались белыми, остальная масса темнубурого цвета	—	89,86	5,94	1,36	следы	2,54	0,38	0,38	1750	2,39
4	Покс наружно измененный кирпича	Мелкозернистая пузыристая масса	нет	93,40	2,27	0,85	следы	3,46	0,34	0,34	—	2,39
1	Контур 2.	Кирпич татарский	нет	90,00	1,77	6,67	0,30	1,36	следы	следы	—	2,41
2	Темносерый слой ошлакования	Цвет зерен кварца более черный, чем остальная масса, и они в изломе плотнее остальных пузыристой массы	нет	82,45	2,86	11,66	0,65	2,30	следы	следы	—	2,39
3	Белые крупные кварца в бурой массе	В крупных ярко выраженные зернышки кварца тесно связаны между собой	нет	87,60	1,88	7,49	0,43	2,70	следы	следы	—	2,38
4	Цвет нормального кирпича	Много трещин с вакозистым изломом	нет	95,80	0,94	1,56	0,18	1,50	следы	следы	—	2,43
5	Полоска более желтого оттенка	—	0,26	95,68	1,38	1,25	0,09	1,57	нет	нет	—	2,42
6	Полоска коричнев. цвета	—	0,31	95,38	1,85	0,95	0,13	—	0,25	0,25	—	2,35
7	Цвет нормального кирпича	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	Покс слякистого слоя белого фарфоронидного цвета	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Цвет нормального кирпича	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Цвет неизменившегося кирпича	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1. Контур излома кирпича лекарск. и Темн. цар.

1	2	3	4
---	---	---	---

25 × 50 + 60 × 100  
> размеры кирпича в мм

2. Контур излома и покров окрашивая татарского динаса

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

40 50 50 50 10 15 75

3. Контур излома кирпича из заплаты свода

1	2	3
---	---	---

15 10 75

порах кирпича углерода, образовавшегося при разложении углеводородов под влиянием высокой температуры печи,—обстоятельства благоприятствующие окрашиванию динаса поясами.

Из сказанного следует:

1. При резком повышении температуры динас начинает разрушаться, хотя не так быстро, как сырой природный кремнезем, но в условиях накаливания (введенный в плавильное пространство мартеновской печи), будучи омываем со всех сторон пламенем высокой  $t$ , разрушается совершенно аналогично исходному материалу, т. е. обращаясь в аморфный порошок.

2. Чтобы предохранить динас от разрушения в условиях работы мартеновской печи, разогрев печи должно вести очень осторожно и постепенно в коптящем пламени без избытка воздуха.

3. Вначале свод не шлакуется, а глазируется. Избыток воздуха в этот период особенно вреден, влияя на разрушение глазури, которая начинает отваливаться. Период полного ошлакования заканчивается лишь через 70—80 плавов. Период закрепления свода оканчивается через 15 плавов.

4. Динас прекрасно выдерживает неоднократный, но постепенный нагрев при условии равномерного охлаждения, не теряя своей прочности, поэтому существует полная возможность пускать вторично в дело кирпич сохранившийся в кладке печи.

Испытание динаса при помощи заплат, как это делалось до сих пор на Златоустовском заводе, должно быть оставлено потому, что при этом создаются слишком неодинаковые и неопределенные условия для его нагрева: печь может быть охлаждена сильнее или слабее, заплатка может выступать из общего свода более или менее, наконец разогрев печи в этих условиях всегда идет ускоренным темпом при помощи острого пламени, при незначительном притоке газа и избытке воздуха.

6. Нормальным условием для испытания динаса в своде мартеновской печи надо считать холодный ремонт печи и выполнение перечисленных предосторожностей, при этом не только хороший динас может выдержать максимальное количество плавов, но и динас среднего качества может простоять долго. Без соблюдения этих предосторожностей может пострадать и хороший динас.

**Микроструктура динаса.** На рис. 15 изображен излом динасового кирпича, выломанного из свода мартеновской печи после 250 плавов. Свод был сломан почти целым, вследствие прогорания задней стенки печи. Кирпич в изломе имеет семь цветных полос (зон), табл. 6. Берем для исследования четыре наиболее характерных зоны.

Их анализ показывает, что кирпич, с одной стороны, насыщается окислами железа и марганца, с другой стороны, в нем глинозем, магнезия и известь вытесняются из первой и второй зон в 3-ю зону, т. е. что в кирпиче во время его работы создается подвижность силикатов глинозема, железа, марганца, кальция и магния. Вместе с тем, как показывает микроструктура, создается прочный остов, состоящий в 1-й зоне из кристобалита и во 2-й зоне из тридимита в кристаллическом виде.

В первой зоне строение кристобалита мелкозернистое, цвет крахмального киселя. Потухание происходит площадками, равными по величине зернам кварца, из которого был приготовлен динас, причем каждая площадка разбита на мелкие зернышки в виде икры различной прозрачности (рис. 16 и 17).



Рис. 15.

Вторая зона состоит из двойников кристаллического тримита, в большинстве треугольной или игольчатой формы. Потухание в кристаллах происходит по половинкам, разделенным прямыми линиями. Кристал-



Рис. 16.

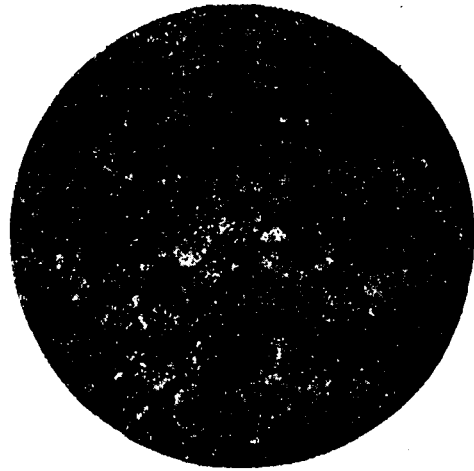


Рис. 17.

лики имеют блестящий вид бесцветной окраски, чем резко отличаются от кристаллов кварца (рис. 18 и 19).

В третьей зоне зерна кварца разбиты на мельчайшие кусочки, окрашенные в различные цвета радуги. Зерна кварца окружены тридимитовой субстанцией. Кристаллики тридимита в ней весьма малы.

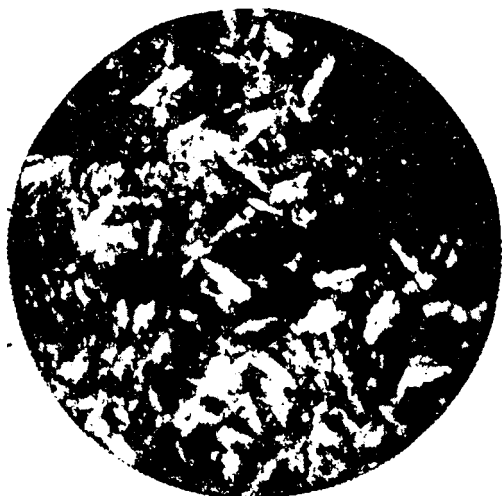


Рис. 18.



Рис. 19.

В 4-й зоне есть признаки тридимита. Кварц разбит на мелкие части, если динас был хорошо обожжен. Вообще же 4-я (рис. 20) зона представляет характер нормального динаса, вставленного в свод и влияние темпе-

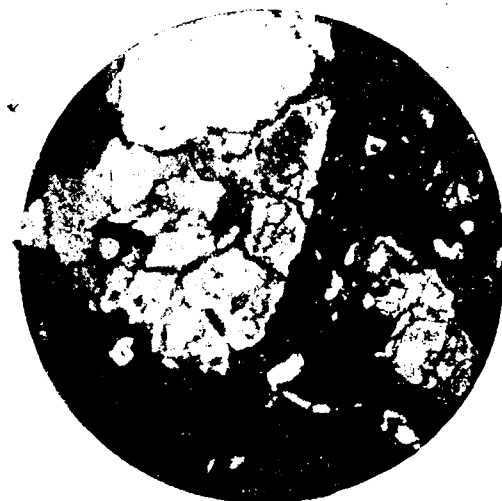


Рис. 20.

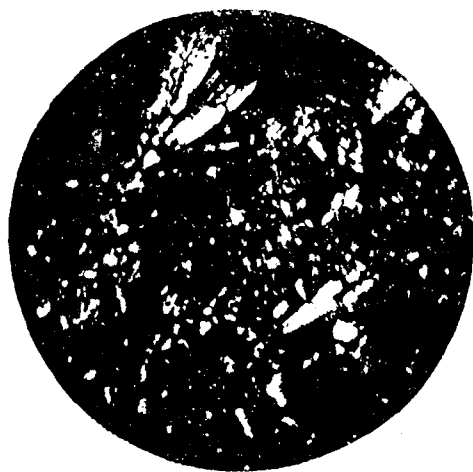


Рис. 21.

ратуры печи на ней не заметно. На рис. 21 изображена зона излома, находящаяся между 2-й и 3-й зонами. Здесь видно, как складываются из отдельных кусочков кристаллы тридимита.

**Влияние примесей.** Начиная с 1922 г. на Златоустовском керамическом заводе был проделан целый ряд опытов, параллельно с выяснением пригодности татарского кварцита для динаса, по искусственному загрязнению динаса глиной, известью, окалиной, мартеновским шлаком и черным динасом, бывшим в употреблении в своде мартеновских печей.

В табл. 7 приведены наиболее характерные шихтовки динаса, приготовленного и испытанного в своде мартеновской печи при всех прочих одинаковых условиях. Так например крупность помола была такова: 50% зерна, пропущенного через 5-мм сито, и 50% пыли; формовка ручная; продолжительность сушки около 3 недель при температуре 18°. Обжиг до сплавления 17 конуса Зегера и пр.

Результаты испытаний не только перечисленных в таблице образцов динаса, но и других (до 50 опытов), дали возможность судить о влиянии глинозема, извести и окислов железа на устойчивость динаса на месте назначения.

Работу кирпича опытных шихтовок на месте назначения в общих чертах можно охарактеризовать следующим образом.

Образцы кирпича с 1 по 6 (табл. 7 на стр. 31) в своде мартеновской печи выкрашивались главным образом при доводке металла, т. е. при высшей температуре в печи—около 1700°, переходя в аморфное состояние вследствие отсутствия связи между зернами кварца в кирпиче. Образцы 7, 8, 9, 10 и 11 были испытаны на одном и том же своде и выломаны из свода после 30 плавов; образцы 7 и 11 оказались лучшими и в изломе показывают нормальный вид перерождения и начавшегося ошлакования на глубину до 5 см без промежуточного полуразрушенного слоя.

В образцах 8, 9 и 10 под тонким слоем ошлакования имеется 4-см аморфный, трещиноватый и полуразрушенный слой кирпича. Образцы этих кирпичей помимо образования трещин оказались весьма легкоплавки, образуя при сплавлении фарфоровидные толстые сталактиты, отваливающиеся от свода толстыми кусками во время доводки металла.

Образцы 12, 13, 14, 15 и 16 были поставлены на столбики мартеновской печи. На первых двух плавках образцы 12, 13, 14 и 15 сплыли. Особенно быстро сплыл 13 и 16 равномерно ошлаковался на всю толщину и сплыл, но не разрушился. Несколько штук кирпичей (образцы 17 и 18) были поставлены в свод с нормальным динасом. Во время разогрева печи, наварки пода, эти кирпичи оказались менее устойчивыми, чем нормальный, имея тенденцию плавиться тонкими нитями. После ошлакования свода кирпич этот окреп и выстоял всю кампанию работы печи без малейших признаков разрушения.

Кирпич (образец 19 и 20) испытан в своде мартеновской печи оказавшись несколько лучше нормального. Кроме мартена этот кирпич был испытан в «Мечте», футеровка которой из нормального динаса не выдержала более 50 плавов; кирпич же 19 и 20 в ней выдержал 79 плавов. В дальнейшем опыты приготовления кирпича с введением окислов железа были прекращены, так как мартеновский цех отказался его принимать.

По составу мы его подгоняли под динас, выломанный из свода после значительного числа плавов, вполне ошлаковавшегося и окрепшего в своде печи и имевшего в составе до 14% окислов железа<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> См. „Вестник металлопромышленности“ № 9—10 за 1926 г., стр. 98.

Таблица 7

№ образцов кирпича	Ш И Х Т А				Удельный вес	ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ						
	Кварцит	Глина	Известь	Окалина		Потеря при прокалке	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaO	MgO
1	96 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	—	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2,50	—	96,59	1,57	следы	1,55	0,29	
2	98 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	—	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2,49	—	96,30	1,68	следы	1,77	0,25	
3	98	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2,51							
4	обожж. 99	1	—		2,48	Анализа не произведено ибо кирпич по наружному виду оказался неудовлетворительным						
5	99	1	—		2,49							
6	98	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2,47							—
7	97 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2,36	5,05	94,99	1,42	1,33	0,23	2,52	0,09
8	97	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2,37	0,21	95,39	1,52	1,09	0,31	2,17	0,11
9	96	2	2		2,40	нет	94,53	1,32	1,51	0,27	1,94	0,08
10	95	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2,52	нет	91,94	1,88	2,25	следы	3,92	следы
11	96	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2,52	0,05	94,05	1,37	1,33	следы	3,22	следы
12	95	атл. 3	2		2,36							
13	91	атл. 7	2		2,40							
14	94	красн. 4	2		2,35							
15	92	красн. 5	2		2,36							
16	92	атл. 1	2	5	2,40							
17	96	0,5	2	1,5	2,43							
18	94,5	0,5	2	3	2,39							
19	кварцита 82	0,5	2,5	черн. динас 15	2,42							
20	кварца 82	0,5	2,5	черн. динас 1,5	2,37	0,16	93,46	1,47	1,66	0,07	3,06	0,30



Дальнейшие наши опыты по приготовлению динаса как из кварцита, так из кварца и наблюдения за его работой в мартеновских печах показали что:

1. Количество глины, вводимой в шихту динаса, не должно превышать 0,5%, так как глина сообщает динасу легкоплавкость и способствует переходу кремнезема в аморфное состояние (белый рассыпчатый порошок).

2. Количество извести (СаО) должно быть не менее 2,5%; лучшие отзывы мартеновщиков мы имели о динасе, имевшем окиси кальция около 3%.

3. Лучшие марки динаса как из кварца, так и из кварцита получаются при мелком их размоле — не крупнее 3 мм.

Мелкое зерно лучше при обжиге поддается влиянию силикатов, способствующих перерождению кремнезема. Кроме того при мелком размоле уничтожаются естественные плоскости спайности в зернах кварцита или кварца и уничтожается вредное влияние посторонних примесей, имеющих в естественном кварците.

4. Все глинистые и землистые примазки должны быть удалены из естественного материала промывкой.

Промывку следует производить после пропуска материала через дробилку, т. е. уже в раздробленном до величины ореха виде.

Чем чище (химически) материал употребляется на динас, тем результаты лучше. Отборный материал всегда давал лучшие результаты, нежели рядовой, несортированный. Излом материала в больших кусках должен быть однородный, без пятен, полосок, черновин и прочих недостатков.

5. Способ измельчения имеет также некоторое значение. Остроугольное зерно, полученное толчением или раздавливанием, лучше схватывается со стеклом силикатов и легче поддается влиянию силикатов, нежели скатанное зерно, полученное в шаровых мельницах.

6. Искусственное загрязнение динаса окислами железа в виде мельчайшей пыли или динасом, бывшим в употреблении, способствует более быстрому ошлакованию динаса на месте назначения и приближает его по составу и строению к динасу, уже окрепшему во время работы в печи и должно быть испытано в более широком масштабе, чем это делалось на Златоустовском заводе.

#### 4. Условия тридимитизации динаса

Для определения условий тридимитизации динаса было приготовлено по 5 кирпичей динаса размером  $300 \times 150 \times 65$  мм каждого из указанных в табл. 8 образцов, т. е. 90 штук (см. стр. 33).

В момент приготовления образцов готовился динас так называемой «марки № 42» по следующей шихте:

82,5% татарского кварцита, 15% лекарского кварца, 2% известкового раствора и 0,5% огнеупорной пластичной глины.

В эту основную массу прибавлялось указанное в таблице количество окислых примесей в виде мелко размолотого порошка, с которым динасовая масса упомянутого состава, приготовленная под бегунами, перемешивалась весьма тщательно вручную.

Так, для пробы образцов № 1 в состав динасовой массы было введено дополнительно 1% извести, для № 2 — 2% извести, для № 8 — 4% ока-

Таблица  
Результаты испытаний опытных образцов динаса разного состава

№ образца	Состав в %		Сопротивление раздав. в кг/см <sup>2</sup>					Удельные веса после					
	Завестр	Окислы железа	Плавильный шпат	I обж.	II обж.	III обж.	IV обж.	V обж.	I обж.	II обж.	III обж.	IV обж.	V обж.
3	—	—	—	255,45	314,0	339,0	399,3		2,46	2,39	2,33	2,25	2,22
4	—	—	—	278,13	251,5	209,5	343,9		2,43	2,36	2,34	2,25	2,21
5	—	—	—	210,3	227,6	250,1	265,3		2,43	2,38	2,33	2,23	2,25
6	—	—	—	253,99	261,5	275,7	383,3		2,42	2,37	2,34	2,23	2,22
5	—	окалина	—	263,69	449,8	318,1	422,4		2,42	2,36	2,32	2,21	2,19
6	—	1	—	287,92	327,0	379,0	441,7		2,39	2,36	2,30	2,19	2,18
7	—	2	—	239,21	326,3	306,7	257,5		2,43	2,37	2,21	2,19	2,19
8	—	3	—	230,6	377,8	356,4	572,2		2,39	2,37	2,24	2,17	2,10
9	—	4	—	260,9	280,4	333,5	302,0		2,41	2,38	2,24	2,1	2,22
10	—	1	—	219,9	282,8	260,8	261,4		2,40	2,38	2,25	2,17	2,19
11	—	2	—	219,9	282,8	260,8	261,4		2,40	2,38	2,25	2,17	2,19
12	—	3	—	232,33	275,6	371,4	342,1		2,36	2,36	2,24	2,24	2,18
13	—	1	—	250,7	411,3	357,1	425,7		2,37	2,36	2,26	2,21	2,21
14	—	2	1	227,2	291,3	218,6	458,0		2,35	2,36	2,23	2,19	2,18
15	—	—	2	157,8	343,8	238,7	300,2		2,43	2,38	2,24	2,22	2,22
16	—	—	3	168,1	279,9	188,2	235,9		2,40	2,38	2,25	2,22	2,22
17	—	—	4	153,5	231,9	175,4	176,9		2,44	2,38	2,26	2,24	2,23
18	2	2	—	279,98	278,3	315,7	335,6		2,39	2,38	2,24	2,19	2,19
В среднем	—	—	—	234,2	303,6	286,4	345,0		2,41	2,31	2,27	2,21	2,202

лины и т. д. Формовка, сушка и обжиг производились нормальным путем вместе с обыкновенным динасом.

Температура обжига не превышала 1470° (конус Зегера № 17). Через единственный обжиг прошли все 90 кирпичей. Через позгорный — 72; через три обжига — 54 штуки и т. д. Кроме того по несколько кирпичей обыкновенного состава было выдержано в газовых регенераторах мартеновских печей при  $t$  около 1000° в продолжение 1 недели, 2 недель, 3 недель, 2 месяцев и 1 года.

Несколько обыкновенных кирпичей были прокалены в коптящем нефтяном пламени мартеновской печи при 1650° в продолжение 24, 48 и 75 часов, 4 и 7 суток при условии их постепенного подогрева и медленного охлаждения. Производились также опыты прокалики кирпича при разных температурах в окислительном пламени и при условии быстрого нагрева и быстрого охлаждения как нормального динаса, так и многократно обожженного.

Из каждого образца после прокалики вырубались кубики с длиной ребра, равной толщине кирпича (около 65 мм), для определения прочности на раздавливание, после чего образцы шли на определение удельного веса и приготовление тонких минералогических шлифов. Результаты испытаний сведены в табл. 8.

**Сопротивление раздавливанию.** Механическая прочность динаса увеличивается с увеличением числа повторных обжигов. С пятого обжига и далее механическая прочность динаса стабилизируется и держится около 400 кг на 1 см<sup>2</sup> при условии ведения при обжиге медленного нагрева и медленного же охлаждения. При быстром нагреве и быстром охлаждении нормальный динас теряет механическую прочность, превращаясь в порошок; тридимитовый динас при этом условии сохраняет некоторую прочность, раскалываясь по сферическим поверхностям тонкими слоями. С увеличением количества окисных примесей, особенно железа, механическая прочность кирпича увеличивается, так как увеличивается в нем содержание силикатов и более легкоплавкого стекла, которые в холодном состоянии прочно связывают в кирпиче частицы кристаллического кремнезема.

**Удельный вес.** Для определения удельного веса кирпич измельчался в ступе, просеивался сначала через сито с миллиметровыми отверстиями, затем через более мелкое для очистки миллиметрового зерна от пыли. Полученный однородный порошок шел на определение удельного веса, включая в себя главным образом результаты определений проверяться опытными лаборантами повторными контрольными пробами; при этом различия в результатах определений не наблюдалось.

В существующей литературе имеются следующие указания об удельном весе различных модификаций кремнезема (см. табл. 9 на стр. 35).

Пройдя высокую температуру (т. е. обжиг), все разновидности кремнезема переходят в  $\beta$  модификацию. Чем выше  $t$ , тем быстрее происходит это изменение.

Наши 18 образцов после IV и V обжигов состояли в общем не менее, как на 50% из кристаллического тридимита, и имели в среднем удельный вес 2,211 и 2,207, что дает основание предполагать, что удельный вес тридимита равен не 2,32, как указывает Эндель (Endell), а менее.

Таблица 9

Вид кремнезема	Литературные указания	Удельный вес (по диаграмме Endell)	Удельный вес по проф. Будникову («Керамическая технология» стр. 40)
$\alpha$ — кварц . . . . .		2,65	2,65
$\beta$ — кварц . . . . .		2,63	2,60
$\alpha$ — кристобалит . . . . .		2,33	2,30
$\beta$ — кристобалит . . . . .		2,21	2,21
$\alpha$ — тридимит . . . . .		2,32	2,32
$\beta$ — тридимит . . . . .		2,32	—
— стекло . . . . .		2,21	2,21

При обжиге динаса в окислительном пламени и при условии резких изменений  $t$  нагрева получается разновидность кремнезема в виде светлых блестящих точек, равномерно распределенных в стекловидной массе, не реагирующей на поляризованный свет (рис. 22). Динас такой микро-

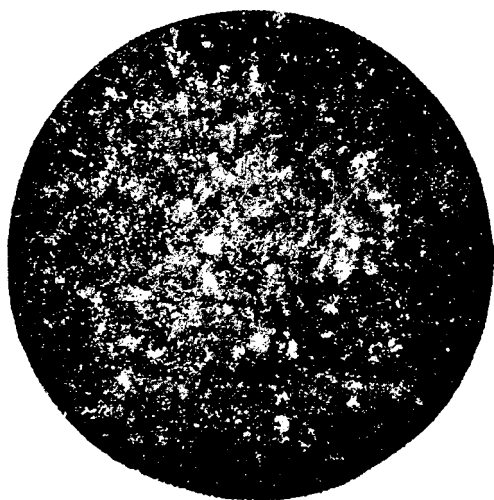


Рис. 22

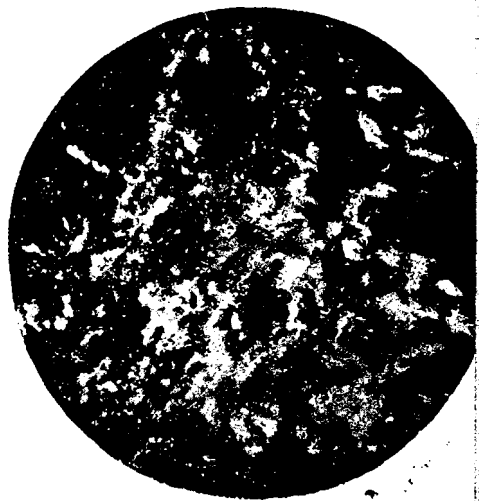


Рис. 23.

структуры на месте назначения быстро выкрашивается и сплавляется в виде фарфоровидной массы, совершенно не реагирующей на поляризованный свет (рис. 23)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Все микрофотограммы сняты при 3-м объективе и 2-м окуляре микроскопа Ernst Leitz Wetzlar, т. е. при линейном увеличении 82; кроме рис. 32, снятого при линейном увеличении 164.

Динас с содержанием глинозема выше 1,5% имеет также растущую тенденцию с увеличением содержания глинозема давать легко разрушающееся фарфоровидное строение.

Удельный вес наружного слоя динаса, бывшего в газовом регенераторе мартеновской печи в продолжение года (1000 плавок), равен 2,28, внутреннего—2,23. Наружный слой имеет черный вид и пропитан газами, шлаками и окислами железа.

Динас, разрушенный резкими изменениями  $t$ , дал 2,32; обыкновенный динас, прокаленный во время доводки металла в мартеновской печи в продолжение 3 часов имеет удельный вес 2,37. Тридимитовый динас, прокаленный при этих же условиях в продолжение 1 часа и 3 часов, дает удельный вес 2,32 и 2,31.

Удельный вес кислого пода мартеновской печи, пропитанного шлаками черного цвета, по микроструктуре тридимитового—2,35.

Удельный вес тридимитового динаса, полученного многократным (не менее 10) обжигом: а) чистый—внутренняя часть—2,222, наружная корка—2,223; б) загрязненный продуктами горения—внутренняя часть кирпича—2,244 наружная часть кирпича, черная,—2,213.

Удельный вес динаса, обожженного в окислительной атмосфере, равен 2,31; сплывшего в фарфоровидную массу—2,32.

**Микроструктура.** Динас готовится обычно из зерен кварца или кварцита, величиною от 1 до 3 мм. Таковых в составе динаса имеется до 75%; остальное количество материала в динасе состоит из кварцевой пыли и других мелко раздробленных примесей. Первое будем условно называть зернами, второе—цементом.

Превращение кремнезема и в том и в другом совершается различно.

Проследить этапы превращений в цементе довольно трудно, так как в нем после первого же обжига появляются клинья кристаллического тридимита (рис. 33) и в последующих обжигах это строение сохраняется, делаясь более отчетливым и расширяясь в объеме за счет сокращения микроструктурных пространств зерен кварца. В зернах же кварцита наблюдается удивительно красивая, яркая и отчетливая картина перерождений кварца. При этом влияние примесей сказывается более на цементе, на зернах же кварцита почти не отражается.

В общем процесс перерождения кварца в зернах кварцита происходит в следующем порядке:

а. Р а с щ е п л е н и е зерен кварца на мельчайшие частички (рис. 24, 25, 26). Здесь фактически происходит переход кварца в изотропное состояние, причем светлые площадки заменяются все большим и большим количеством изотропных прожилков, которые уширяются и распространяются во все стороны за счет сокращения светлых площадок кварца. На рис. 26 изображено зерно кварца в поляризованном свете. Зерно отделяется от цемента темной полоской стекла. Светлые точки в зерне реагируют на поляризованный свет, темные полоски и пятна не реагируют на поляризованный свет. В проходящем свете зерно имеет вид обыкновенного зерна кварца и резко отделяется от стальной массы цемента, прожилки которого состоят из стекла. Подобная цельность зерен в динасе сохраняется до полной его тридимитизации, и динас в изломе не теряет нормального вида кирпича, состоящего из зерен и цемента. На рис. 27 изображено зерно кварца, сохранившего внутри часть расщепления квар-

ца; эта часть окружена и пронизана изотропным кварцем, вокруг которого выкристаллизовался кристаллический тридимит, двойники которого обрисовываются при вращении столика микроскопа. Удельный вес изотропного кремнезема равен, очевидно, 2,21.

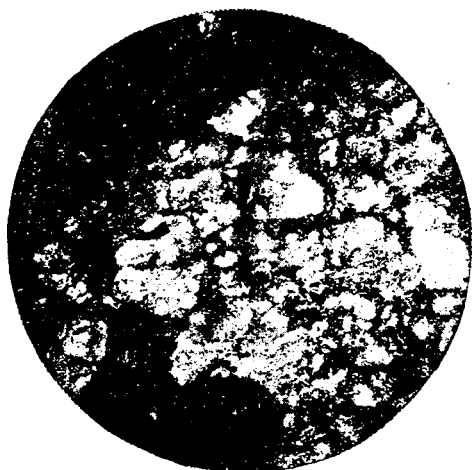


Рис. 24.

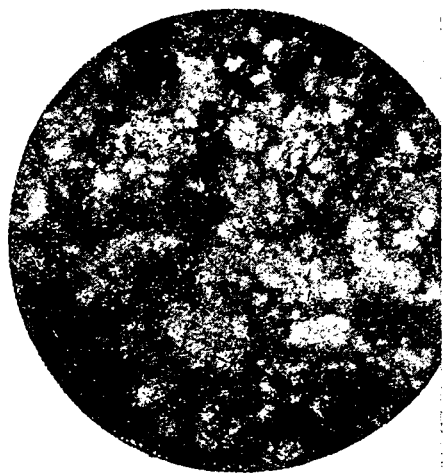


Рис. 25.

б. Одновременно с переходом в изотропное состояние происходит обесцвечивание кварца. Зерна кварца в поляризованном свете дают разнообразную окраску отдельных зернышек, из которых состоит



Рис. 26.

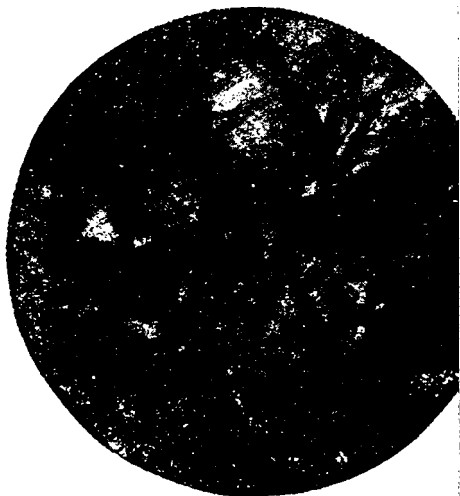


Рис. 27.

кварцит. Окраска потухает при повороте столика на  $90^\circ$ . Обесцвечивание идет в следующем порядке: темносиний цвет переходит в фиолетовый, затем в оранжевый, желтый, светложелтый, темносерый и наконец светло-

серый. При вращении стола на  $360^\circ$  тридимитовые двойники меняют в своих половинках по очереди 4 раза светлосерый цвет на блестящий белый (рис. 18).

в. Образование тридимита. Кварцевая пыль в цементе уже при первом обжиге обесцвечивается, частью переходит в изотропное состояние и при последующих обжигах выкристаллизовывается в виде весьма мелких двойниковых клиньев тридимита.

Прорастание тридимита в зернах кварцита начинается с периферии зерен.

Очень густой сросток тридимита получается во 2-й зоне кирпича, бывшего долгое время в своде мартеновской печи (рис. 15, 18, 19, 21).

На рис. 18 изображена 2-я зона черного динаса, выдержавшего в своде 450 плавов; на рис. 19 динаса, приготовленного Златоустовским заводом из татарского кварцита и выломанного из свода печи после 300 плавов.

На рис. 21 — часть 3-й зоны, прилегающей ко 2-й того же динаса (златоустовского). Здесь отчетливо виден процесс срастания кристаллов из изоморфного кварца.



Рис. 28.



Рис. 29.

г. Образование кристобалита. Ярко выраженный кристобалит наблюдается в 1-й зоне (сплавившейся части кирпича), бывшего в своде мартеновской печи (рис. 16, 17). Шлиф для рис. 16 вырезан поперек кирпича, а для 17 по длине кирпича. Погасание происходит на шлифе № 17 в виде фигур плавильной системы. Судя по микроструктуре шлифов рис. 33 и 16), полученной прокладкой динаса в течение 25 и более часов при  $t$  около  $1650^\circ$  в коптящем пламени той же мартеновской печи, можно предположить, что сначала образуется тридимит, а затем уже под влиянием продолжительного действия высокой  $t$  печи — кристобалит.

д. Образование аморфной разновидности, сообщающей динасу способность быстро выкрашиваться и плавиться в виде фарфоровидной массы (рис. 22 и 23). Удельный вес этой разновидности, как подтверждается многочисленными определениями, приближается к 2,32. На рис. от 28 до 32 включительно изображена микроструктура образца 8.

как наиболее характерного. С ним сходны остальные образцы, кроме образцов, в состав которых введен плавиковый шпат. Последний настолько загрязнил микроструктуру, что даже после 5-го обжига в них вырисовывается кристаллизация тридимита весьма неясно.

**Описание микроструктуры после повторных обжигов.** Первый обжиг. Тридимита в зернах нет. Зерна кварца на 50% обесцвечены. Фиолетовый цвет сохранился на 20% в содержащих железо — 10%.

В зернах появляются изотропные пластинки и площадки. В цементе железосодержащих образцов 8 и 18 изредка встречаются мелкие клинья тридимита.

Второй обжиг. Обесцвечивание достигает в среднем до 75%. В цементе всех образцов изредка наблюдаются клинья тридимита. В железосодержащих выражено более ярко. Начало сильного расщепления зерен кварца.

Третий обжиг. Фиолетовая окраска весьма редка; цемент железосодержащих образцов полностью тридимитовый. Зерна все мелко расщеплены.

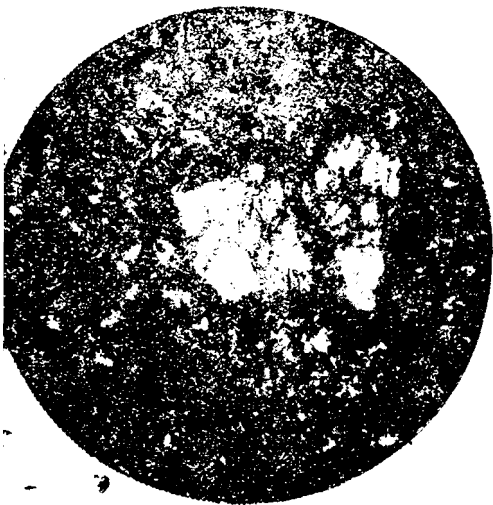


Рис. 30.

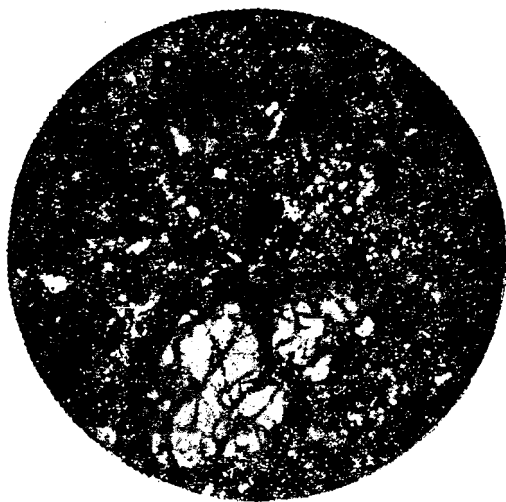


Рис. 31.

Четвертый обжиг. Фиолетовой окраски в зернах почти нет, сохранился лишь желтоватый оттенок. Зерна на 50% изотропны. Образование тридимита началось с периферии и в зернах.

Пятый обжиг. Цветная окраска исчезла во всех образцах; кварца в зернах нет. Некоторые зерна полностью изотропны. Цемент тридимитовый. Структура цемента сливается со структурой зерен. Только внутренняя часть некоторых зерен сохранила признаки строения кварца.

**Прокалка при высокой температуре.** Образцы нормального дичаса прокаливались в муфеле задней стены нефтяной мартеновской печи.

Предварительный подогрев дианаса в продолжение суток произвzдилcя на своде мартеновской печи; прогретый кирпич примерно на 200° вводился в наружную часть муфеля, где  $t$  не превышала 1000°, далее кирпич



продвигался ближе к головкам печи, где  $t$  держится в пределах 1600—1700°. Динас после 24-часовой прокалки дает тридимитовую микроструктуру (рис. 33), за исключением отдельных незначительных зернышек кварца; двух-трехдневная прокалка и более дают полную тридимитизацию. Прокалка динаса в регенераторе действует на перерождение кремнезема весьма медленно. Так, недельная выдержка не оказывает никакого влияния; 2-недельная вызывает слабое образование тридимита в цементе; 2-месячная прокалка также еще не дает тридимита в зернах кварцита и только динас выдержанный в регенераторе в течение года дал микроструктуру вполне сходную, с показанной на рис. 33. Точно такую же микроструктуру дает динас после 10 повторных обжигов (выдержан приблизительно  $\frac{1}{2}$  года в пламенной периодической кирпичеобжигательной печи). Последний имеет удельный вес 2,22 и в среднем дает 448,43 кг на 1 см<sup>2</sup> при раздавливании в направлении толщины кирпича.

Нормальный кирпич, введенный без предварительного подогрева в плавильное пространство мартеновской печи, переходит в аморфное со-

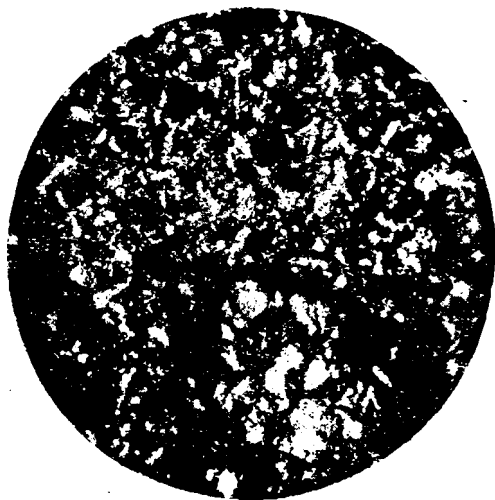


Рис. 32.

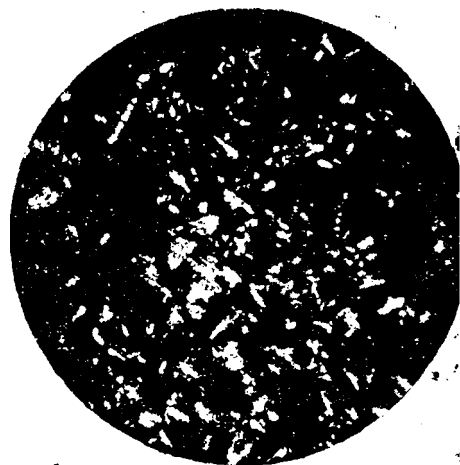


Рис. 33.

стояние и рассыпается в белый мелкий порошок. Тридимитовый динас при этом разделяется на отдельные, довольно прочные куски и сохраняет свою тридимитовую структуру. Только при повторном введении в печь без предварительного подогрева тридимитового динаса и быстром охлаждении тридимитовая структура динаса начинает разрушаться и превращается также в аморфный порошок.

**Температура плавления.** К сожалению определить  $t$  плавления образцов, за отсутствием соответствующих приборов, нам пока не удалось. Но устойчивость динаса в своде мартеновской печи установить нетрудно.

В одном и том же своде вставленные вперемешку кирпичи нормального состава, тридимитовый и кирпичи, приготовленные с 2% окислы или мартеновского шлака, или магнетита, относятся к температуре различно. При ведении первых плавов и при высокой температуре печи кирпичи, содержащие плавни, вытекают из свода тонкими нитями легче, чем

нормальный динас, но зато динас нормального состава выявляет большую склонность, чем черный, выкрашиваться из свода при изменениях в температуре.

Наиболее устойчивый как в том, так и в другом случае динас — тридимитовый.

## ВЫВОДЫ

1. Под влиянием повторных обжигов до  $t = 1450^\circ$  и длительного нагрева при  $t$  не выше  $1000^\circ$  кварц в зернах сначала теряет свою цветную окраску.

2. Одновременно с этим зерно кварца сначала в виде прожилков переходит в изотропное состояние. Прожилки распространяются по всем направлениям, отчего получается впечатление растрескивания зерен кварца; затем прожилки утолщаются и все зерно переходит в изотропное состояние.

3. Прорастание зерен двойниковыми клиньями тридимита начинается с периферии зерен к центру по путям изотропных прожилков.

4. Влияние окисных примесей заметно только на цементе динаса. Изменение в зернах идет одинаково во всех образцах в зависимости лишь от  $t$  и длительности ее действия.

5. Чем выше  $t$ , тем быстрее проходят изменения. При  $t$  выше  $1600^\circ$  достаточно 24-часового нагрева для тримитизации динаса при условии постепенного нагрева в восстановительной атмосфере.

6. При быстром введении динаса (и кварца) в плавильное пространство мартеновской печи зерна кварца превращаются в аморфный порошок; тридимитовый динас при этом сохраняет свою структуру.

7. Как заключение, имеющее практическое значение, следует вывод, что  $t$  обжига динаса нужно поднять до  $1600^\circ$  для получения полностью тридимитизированного динаса.

Нетрудно доказать экономические преимущества соответствующих печных установок для указанной цели, так как расход топлива на повышение  $t$  компенсируется существующим расходом его на суточную выдержку при  $1200^\circ$  и суточную при  $1450^\circ$ , а выгоды употребления тридимитового динаса перед кварцем окупят расходы на установку новых печей. Но это вопрос особого рода.

## 5. Сравнительные качества динаса, изготовляемого разными заводами

Нами произведено микроскопическое исследование имеющихся в нашем распоряжении образцов динаса: германского, английского, зав. им. Петровского, зав. им. Дзержинского, красногоровского, катав-ивановского, верхне-исетского, чусовского и др.

Все они кварцевые (рис. 34 и 35) в некоторых кварц остался кварцем, в других кварц разбит на мелкие частицы и только в некоторых имеются признаки кристалликов тридимита (например в деконовском, приготовления 1916 г.).

На табл. 10 (см. стр. 42) охарактеризованы некоторые марки динасов, употребляемых в разное время, частью на Златоустовском и частью на Белорецком заводах.

42 Таблица 10  
Химический состав и строение диносовых кирпичей

Наименование	Потеря при про- морке	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaO	MgO	Влаж- ность	Микрос-руктура	Испытание в пе- теске	Примечания
1. Динас германский	0,20	92,40	2,56	1,20	—	3,58	слезы	2,49	Полупрозрачные зерна кварца разл. формы растворены в сахар-вадли. м. все с черными и серыми пятнами рис. 34. Тридимита нет	4	Первые 6 динасов испытаны на Белдорском заводе и оценены по 5-бальной системе
2. Красногоровский	0,20	93,60	1,56	1,38	—	3,51	слезы	2,45	Тоже оч. не порист. Зерна более о альны. Тридимита нет	5	
3. Деконовский	0,14	93,30	2,58	1,72	—	2,02	0,14	—	Тоже менее порист; в нем более белых зерен; в цеме те начало образования тридим. та.	4	
4. Английский	0,25	95,12 94,60	2,26 2,56	1,20	0,12	2,30 1,62	слезы слезы	2,33	Более светлый и чистый. Зерна кварца более прозрачны. Тридимитовость в зернах по всем направлениям. Тридимита нет	3	
5. Катавский	0,25	95,60	1,73	1,03	—	0,81	0,15	2,41	Сходен с английскими	0	Кирпич катавский в настоящее время готовится хорошим
6. Кыштымский	0,14	93,20	2,11	1,02	—	2,77	0,14	2,53	Резко отличается от предыдущих прозрачностью зерен	1	Кирпича предыдущих лет
7. Златоустовск из лекарск. кварц.	0,13	94,69	1,31	0,53	слезы	3,00	0,36	2,39	Зерна прозрачны, расстрекан сь, хорош, спаяны с стекловидной аморфной массой	2	На своду мартеновской печи весьма устойчив
8. Златоустовск. из татарск. кварца	0,31	94,82	1,77	—	нет	2,64	0,46	2,38	Тоже более порист.	—	На своду мартеновской печи весьма устойчив
9. Лысьвенский	—	93,38	2,23	0,69	след	3,50	0,46	2,50	Тридимита нет. Кварц в виде крупных расщепл. нных зерен	—	На своду мартеновской печи весьма устойчив
10. Завода „Крас- ный профингер“	—	96,70 93,91	0,66 2,75	0,98	нет	2,43 2,27	— 0,14	—	Начало образования тридимита. Большое количество стекловидной массы (рис. 35)	—	Считается лучшим в России в данное время
11. Златоустов. при- готовл. прежн. лет	—	97,37	1,4	—	слезы	1,33	0,15	2,50	Тридимита нет	—	Быстро выкр. шивался и сильно ро- в своду мартеновск. и печи
12. Завода „Магне- зит“	—	95,78	0,25	1,22	нет	1,75	0,31	—	На шпифе видна перер- ботка зерен кварца в тридимит	—	Сбожен при 1530°
13. Зав. им. Дзержинск. м. о.	0,14	93,70	3,24	0,54	—	2,32	нет	2,50	В шихту введено 5% динаса, быв- шего в своду малтен. печи. На своду бы очень устойчив	—	
14. Златоуст. завод	0,15	94,12	1,22	0,86	слезы	2,52	0,34	2,37	В шихту введ. по - глины 0,5% из- вести 2,5% и окали по 3%. На своду держался хорошо, оплавившийся вна- чале.	—	
15. Златоуст. завод	—	—	2,08	—	—	2,06	—	2,37	—	—	

К динасу обычно предъявляются следующие требования:

1. Он должен быть богат кремнеземом и химически чист.
2. Температура его плавления должна быть высока, т. е. он должен быть огнеупорен.
3. Динас должен быть прочен, т. е. не должен переходить в аморфный тридимит.
4. Не должен расти.
5. Перемены  $t$  на него не должны влиять.

При ознакомлении с таблицей можно сказать, что некоторые из этих положений не всегда подтверждаются.

Содержание кремнезема в 94% является в среднем характерным для лучших динасов, спускаясь иногда до 92%, а среднее значение 97% является характерным для худших динасов, приготовлявшихся ранее из чистых кварцев (на таблице не помещены).

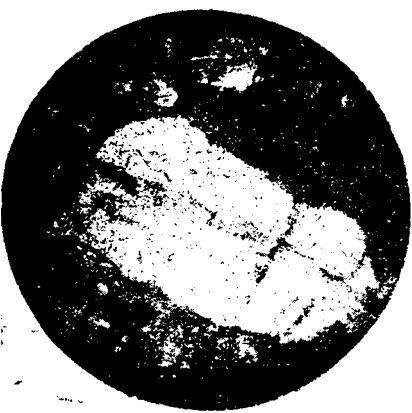


Рис. 34.



Рис. 35.

Таким образом требование чистоты, обуславливаемое ранее величинами 95—98% (по O. Lange) совершенно не оправдывается действительностью.

Химически чистый динас, в особенности приготовленный из чистых кварцев, обычно в условиях работы в мартеновских печах выкрашивается. Динас же, имеющий значительное количество примесей, получается легкоплавким. Наибольшей прочностью обладают динасы, у которых содержание кремнезема не выходит за пределы 94—96%.

Прочность динаса обуславливается: а) отсутствием роста от механического разрушения — растрескивания — под влиянием изменений температуры и б) достижением во время обжига кирпича в обжигательной печи метаморфизации кремнезема или же растворения зерен кварца в силикатах, чтобы впоследствии в кладке мартеновской печи эта метаморфизация лишь спокойно заканчивалась, потому что в начале растворения зерен и их перерождения наблюдается наиболее значительное увеличение объема

кирпича, т. е. его роста по этой причине. Насколько значителен рост при нагреве динаса, показывает следующее исследование, произведенное заводской лабораторией: кубики динаса из кварца Темного царства, кварца лекарского, кварцита татарского и динаса деконовского были подвергнуты действию высокой температуры в электрической печи при одинаковых условиях. Нагревание до максимальной температуры продолжалось около 20 минут. На верхней стороне кубиков температура была  $1130^{\circ}$ ; внизу же, вследствие отсутствия зазоров между кубиками и тиглем, в котором они нагревались, измерить точно температуру было невозможно. Таковая была не ниже  $1700^{\circ}$ . При этой температуре динас выдерживался 5 минут, а затем охлаждался в течение 15 минут с  $1130^{\circ}$  до  $700^{\circ}$  и при  $700^{\circ}$  был выдержан 1 час, охлаждаясь вместе с печью. Полученные результаты см. в табл. 11.

Причины роста кирпича в кладке мартеновской печи: а) растрескивание, б) метаморфизация могут быть: первое совершенно уничтожено, вторая доведена до минимума соответствующей цементацией, крупностью помола, тщательным перемешиванием динасовой массы, формовкой, сушкой и обжигом динаса.

Роль образующегося из силикатов стекла как цемента и растворителя изложена проф. Грум-Гржимайло (ЖРМО, 1910 № 1 — 2, стр. 86).

Таблица 11

Название динаса	Размеры кубиков в мм		Увеличение линейных размеров			Процент объемного увеличения	Состояние при нагреве
	До нагрева	После нагрева	В мм	В %	В среднем %		
Темного царства . .	26,0	27,0	1,0	3,38	3,64	11,08	Расплавилось 60% общего объема кубиков
	26,4	27,3	0,9	3,41			
Татарский . . . . .	25,7	26,4	0,7	2,76	3,11	9,28	Расплавилось 20% общего объема кубиков
	25,9	26,8	0,9	3,47			
Лекарский . . . . .	26,2	26,9	0,7	2,68	2,66	8,19	Расплавилось 40% общего объема кубиков
Деконовский . . . . .	25,7	25,8	0,1	0,39	0,94	2,84	40% общего объема
	25,4	25,8	0,4	1,957			

Примечание. Процент объемного увеличения вычислен для сводного динаса размерами  $300 \text{ мм} \times 150 \text{ мм} \times 65 \text{ мм}$ , принимая среднее линейное увеличение по всем направлениям одинаковым, т. е. для динаса из кварца Темного царства — 3,64% и т. д.

точно так же и значение других факторов, как например крупность помола, прессовка или формовка, обжиг и пр.

Предварительный обжиг кварцита дал результаты отрицательные. Обожженный при  $t$  в  $1450^{\circ}$ , хотя и сохраняет плотность в кусках, но

при размоле превращается в мелкий однородный песок, какой обычно употребляется при формовке стального фасонного литья, и для динаса оказался не годен.

Обожженный при температуре до  $1000^{\circ}$  тоже оказался хуже сырца, давая в динасе мало крупин. Зерна кварца в динасе из обожженного кварцита, соединяясь с общей массой, дают мало пористый кирпич аморфного строения. Крупность помола у динасов разных марок довольно разнообразна: германского 3 мм, в нем преобладает крупа над мелким помолом; деконовского, английского, красногородского, татарского 3 мм, катавского 7 мм, кыштымского 8 мм, лекарского и темного черства 3 мм и пр.

В общем можно принять за правило готовить помол величиной зерна для кварцевого динаса от 1 до 3 мм, для кварцитового от 2 до 5 мм. Отношение зерна к мелочи должно быть 1 : 2, так как при большем содержании мелочи получается кирпич слишком плотный и в нем при нагреве развиваются вредные напряжения; наоборот, при преобладании зерна трудно достижимо полное растворение зерен кварца в силикате.

При приготовлении массы крайне важно такую тщательно перемешать, чтоб в ней не осталось крупинок нерастворенной извести. Известь до употребления лучше погасить заблаговременно и перед заливкой в массу пропустить через мелкое сито. Вернике и Ланге (Wernicke u. Lange) рекомендуют динас прессовать под давлением в 30 атмосфер. Те же исследователи настаивают на медленной сушке динаса—не менее двух недель.

Практика Златоустовского завода и южных заводов показала, что наличие некоторой пористости кирпича, получаемой при ручной формовке, не влияет на его прочность.

Долгое пребывание динаса в сушиле сообщает ему некоторую рыхлость, кромки его начинают осыпаться.

Быстрая сушка при температуре  $40^{\circ}$ , как это делается на южных заводах, в продолжение 3—6 дней дает хорошие результаты, южный кирпич очень порист и прочен.

Процесс обжига — наиболее серьезная операция в кирпичедельном производстве. Он требует неослабного надзора за работой кирпичеобжигательных печей, потому что только при постепенном разогреве печи без избытка воздуха и медленном охлаждении можно ожидать получения удовлетворительного качества кирпича.

Весьма важно в динасе присутствие кристаллического тридимита, обуславливающего степень метаморфизации кварцевых зерен.

Чем более приближается удельный вес динаса к 2,21, тем в нем полнее прошла метаморфизация кварца в тридимит. Чтоб уловить это переобразование в самом веществе кремнезема при помощи удельного веса, последний определяется помощью пикнометра, для чего берутся не куски динаса, а динас размолотый в порошок и отсеянный сначала через одно-миллиметровое сито и освобожденный от пыли через полумиллиметровое сито. Такая операция определения удельного веса может быть быстро проделана и является одним из ценных способов определения доброкачественности динаса.

По удельному весу, получаемому таким образом, можно судить о степени метаморфизации кремнезема, а следовательно и о степени обжига кирпича, причем надо заметить, что при одних и тех же условиях обжига кварцевый кирпич будет иметь удельный вес больший, нежели кварцит-

ный, а тем более халцедоновый. так как кварц для своего перерождения требует более продолжительного времени и более высокой температуры нагрева и именно до 1550°, что весьма трудно достижимо в наших кирпичеобжигательных печах.

Однако и с минимальным удельным весом кирпич может оказаться низкого качества. Не надо забывать, что удельный вес кристаллического тридимита — 2.21 и ее разновидности аморфного тридимита — 2.30 и при сухом перерождении при обжиге кирпича с избытком кислорода можно получить динас с удельным весом около 2.32, но на деле он может оказаться весьма слабым и на своду мартезовской печи будет сыпаться (табл. 5, контур 3).

Лучший метод исследования динаса — исследование под микроскопом с поляризатором, когда с большой точностью определяется содержание в динасе кристаллического тридимита. Но не всегда это возможно, так как очень немногие заводы имеют в своем распоряжении все необходимые приборы.

## ВЫВОДЫ

1. Содержание  $\text{SiO}_2$  для лучших динасов колеблется лишь в пределах 94—96%.

2. Прочность динаса, отсутствие в нем роста растрескивания, минимальный рост от метаморфизации и выносливость при переменах температуры обуславливаются степенью перерождения зерен кварца в кристаллический тридимит и кристобалит.

3. Температура плавления, определяемая лабораторным путем, будет почти одинакова как для плохого, так и для хорошего динаса, поэтому его огнеупорность измеряется не температурой плавления, а его прочностью и способностью к ошалакованию (см. «Испытание динаса в своде мартезовской печи»).

4. Микроскопическое исследование, где оно возможно, и определение удельного веса, которое осуществимо в любой лаборатории и на любом заводе, является наиболее надежными средствами для определения огнестойкости динаса.

5. К внешним признакам, характеризующим хороший динас, можно отнести следующие: а) расплывшиеся железные пятна, б) прочность и пористость, в) хороший звон, г) правильность с острыми кромками форм, д) хорошо дается теске.

6. Внешние признаки плохого кирпича следующие: а) свободное выкрашивание зерен кварца из кирпича, б) ярко очерченные и мелкие железистые пятна, в) глухой звон, г) при теске кирпич ломается, д) зерна в изломе показывают вид прокаленного кварца, т. е. рассыпчатый, тухлявый, мукообразный вид.

## ШАМОТ И ШАМОТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

### 1. Приготовление кирпича

**Усадка глины.** Шамотом называется порошок, получаемый из обожженной глины.

Сырая глина поступает в обжиг для получения шамота или в том виде, в каком поступает в завод с места добычи, т. е. в виде комьев, или после

некоторой обработки в глиномялках одна, или в смеси с другими сортами глин в виде колобков. Куски сырой глины, полученные из глиномялки, называются в а л ю ш к о й. Перед обжигом они вылеживаются (подсыхают).

В некоторых случаях на более ответственные изделия, как например на мартеновские пробки и стаканы, готовят так называемую лещадку, кирпичи, приготовленные из смеси обожженной—молотой и сырой глины. Эти кирпичи идут опять в размол на шамот.

Во всех случаях температура обжига сырых глин должна быть ниже температуры их спекания. что необходимо для получения зерен шамота вполне уплотнившихся, во избежание получения малейших трещинок. появление которых обуславливается свойством глин иметь усадку.

Насколько усадка глин значительна, видно из табл. 12.

Таблица 12

	Усушка при t°		Усадка в % после обжига при t°			Общее объемное уменьшение в %	Потеря в весе в %			Общая потеря в весе в %
	10	60	1250	1350	1450		После сушки при 60°	После обжига при 1350°	После обжига при 1450°	
1. Глина чебаркульская . .	12,44	15,17	4,19	11,55	21,26	36,43	24,89	5,24	7,42	32,31
2. Глина челябинская . .	28,78	32,62	8,81	16,18	19,88	52,5	28,76	13,25	10,74	45,5
3. Глина атлянская . . . . .	11,66	11,7	20,26	20,55	27,75	39,45	22,66	5,34	7,56	30,2
4. Глина синеглазовск. . .	25,56	31,07	9,66	13,98	20,29	51,35	31,91	5,53	11,49	43,4
5. Стаканы . .	86,57	—	—	5,12	8,55	31,69	16,65	5,39	—	22,04
6. Пробки . .	18,79	—	—	—	8,55	27,34	10,35	—	6,46	16,81

Глины, как показывает опыт, дают усушку до 32,62% и усадку до 27,75%. Общий процент уменьшения объема достигает 52,5%.

Результатом такого громадного уменьшения объема глин при нагревании является образование трещин, для уничтожения которых и служит главным образом шамот, дающий в смеси с сырой глиной такую массу, которой можно придать любую форму, благодаря ее пластичности и которая при дальнейшем обжиге даст тем меньшую усадку, чем больше в ней содержится шамота. Но и при наличии шамота из сырой глины трудно получить тесто однородного состава. При перемешивании в ней остаются комочки, смоченные водой лишь с поверхности. Внутренняя часть комочков не поддается перемешиванию и если температура спекания их выше температуры обжига лещадки, они остаются инертными, создавая начало образования трещин.

Поэтому сырая глина предварительно высушенная в особой глиносушилке или же во вращающемся сушильном барабане, размалывается и употребляется уже в дело в виде мельчайшего порошка.



Комья жженой глины и ваюшки, обыкновенно трещиноватые, легко дробятся вручную и размалываются или в бегунах, или большей частью в шаровых мельницах с ситами. Шаровая мельница представляет собой барабан с заложенными в него чугунными шарами. При вращении барабана шарами разбиваются куски шамота и через особые отверстия в шаровой мельнице отсеваются в особый люк, откуда направляются помощью ковшевого элеватора в бункера.

Сырая глина обжимается между вальцами (вальцы имеются лишь на хорошо оборудованных заводах), затем подается в сушильный вращающийся барабан, от которого далее подвигается или на тележках, или же помощью элеватора в шаровую мельницу, откуда в просеянном виде, как и шамот, поступает в бункер.

Дальнейшая обработка идет в таком порядке. Из бункеров через распределительные аппараты шамот и глина поступают в сухой смеситель примерно в такой пропорции: 60% шамота и 40% глины; масса перемешивается, далее поступает в увлажняющий аппарат, где она смачивается до желательной густоты, опять перемешивается и направляется через вальцы в кирпичеделательную машину.

Выходящая лента готовой массы из кирпичеделательной машины проходит через резательный станок и или идет непосредственно под прессы для формовки разных изделий, как-то: трубок, воронок, сифонов и пр., или же складывается в сторону для подсушивания, после чего подступает на прессы для прессовки кирпича.

В некоторых случаях для получения сифонного кирпича к машине приспособляется мунштук, через который выжимается пустотелая лента, разрезаемая проволокой на части. Сифоны, полученные таким образом, выправляются вручную.

Полученные изделия помощью автоматических вагонеток с подвижными полками передаются на подъемник, с которого такими же тележками направляются в сушила, расположенные над печами.

Сушка происходит за счет лучистой теплоты обжигательных печей. Спуск изделий к печам для обжига осуществляется при помощи полочного элеватора или же на вагонетках по особому подъемнику.

Конструкции печей для обжига шамотных изделий весьма разнообразны. Некоторые заводы пользуются периодическими пламенными печами, но большинство заводов для этой цели имеют непрерывно действующие печи Гофмана и Мендгейма и пр., работающие на газе.

Такая полнота механизации и последовательность приготовления шамотных изделий имеется лишь в весьма редких случаях. В большинстве же случаев, особенно на уральских заводах, приготовление шамотных изделий ведется кустарным способом, вручную. Так, сухое перемешивание производится вручную, формовка ручная, подноска массы к станкам, отсоединения кирпича в сушило, подноска к печам и пр. — все это делается или вручную, или при помощи носилок, причем каждый завод имеет свои некоторые особенности в способах приготовления масс, приемах формовки, изготовления ручных форм деревянных или металлических и пр.

Сушка шамотных изделий ведется весьма осторожно при невысокой температуре от 20 до 40% в продолжение одной-двух недель, в зависимости от величины изделий.

Таблица 13

## Испытание глин нагревом в промышленных печах

Наименование глин	Микроструктура при лин. увел. 20 и характеристики по Петухову	При $t=1680^{\circ}$	При $t=1450^{\circ}$	При $t=1350^{\circ}$	При $t=1250^{\circ}$
1. Чебаркульская	Белоснежного цвета. Состоит из блестящих прозрачных пластинок. Посторонних включений нет. Рассыпчатая; д. б. отнесена к классу сланцевых глин	Сплавилась в пузыристую стекловатую массу, но форма кирпича сохранилась. Излом белый	Признаки спекания. Кое-где в изломе появились глазурованные включения. Излом белый с блестящими пластинками. Нач. т-ра спекания $1480^{\circ}$	Спекания нет. Излом белый с блестящими пластинками	Спекания нет, но из всех глин получается плотный и прочный череп. Цвет чебаркульской глины белый, остальных с красноватым изломом
2. Челябинская	Серого цвета. Сложение плотное; жирная; пластичная. Серый цвет обуславливается микроскопическими включениями углистых веществ	Кирпичик сохранился, только растрескался. Цвет темносерый плотный с небольшим количеством пузырьков	Полное спекание. Цвет темножелтый, излом с пустотами	Начало спекания. Глина приобрела в изломе желтый цвет	
3. Атыльская	От светложелтого до темножелтого цветов. Строение пластинчатое. Большое количество включений зерен кварца и окислов железа, а также и пластинок слюды: относится к классу глинокремнеземист.	Сплавилась, сохранив только некоторое подобие кирпича. В изломе много глазури; цвет серый	Начало спекания, но в середине пластинчатое строение сохранилось	Спекания нет. Заметно пластинчатое строение	
4. Синеглазовская	Светлосерая. Большое сходство с челябинской, но строение пластинчатое. Пластичная	Сплавилась в очень пузыристую лепешку серого цвета	Полное спекание; растрескалась; излом с пустотами; цвета серого и темножелтого, пятнами	Начало спекания. В изломе цвет темносерый	

Примечание. Нагрев до  $1680^{\circ}$  производился на пороге загрузочного окна мартеновской печи в продолжение времени нахождения плавки в печи, т. е. 7—8 часов. Нагрев до температуры  $1250^{\circ}$ ,  $1350^{\circ}$  и  $1450^{\circ}$  производился в кирпиче-обжигательных печах вместе с изделиями, обжиг которых с охлаждением продолжался 20 суток.

Температура обжига зависит от качества глин. Таковая должна быть не ниже температуры спекания глины. При обжиге требуется постепенный разогрев печей, медленный и постепенный подъем  $t$  и медленное охлаждение после обжига. В пламенных периодических печах каждая печь в месяц делает обычно  $2\frac{1}{2}$  оборота, т. е. на каждый обжиг с погрузкой и выгрузкой изделий уходит 12 дней.

Нетрудно получить хороший шамотный кирпич из глин высокой огнеупорности и имеющих низкую температуру спекания. При этом самый материал обеспечивает получение изделий высокой огнеупорности, а спекаемость глин при низкой температуре не требует особого ухода за обжигательными печами, исключая опасность получения недожега.

Златоустовский керамический завод, имея в своем распоряжении глины низкой огнеупорности и даже легкоплавкие, вынужден был отказаться от приготовления чисто шамотовых изделий, перейдя на изготовление кварцево-глинистых, которые оказались в условиях работы на месте назначения много устойчивее шамотных, приготовляемых из этих глин.

## 2. Приготовление пробок и станков для разлики стали

Отсутствие глин высокой огнеупорности заставило искать пути изготовления устойчивых изделий при наличии существующих материалов.

Прямое испытание в жару действующих на заводе печей в условиях постепенного нагрева до  $t=1250-1350-1450$  и  $1680^\circ$ , т. е. в условиях фабричного производства глиняных изделий, дало возможность определить довольно точно  $t$  плавления,  $t$  спекания и интервал между начальной  $t$  спекания глины и  $t$  плавления, что в свою очередь дало возможность комбинировать смеси из разных глин такого состава, чтобы получить массу, спекающуюся в условиях обжига в наших печах и достаточно устойчивую на месте работы.

Челябинская глина спекается при сравнительно низкой  $t=1350^\circ$ , но легкоплавка. Чебаркульская глина плавится при  $1630^\circ$ , т. е. при  $t$  достаточной, чтобы выдержать  $t$  расплавленного металла, но  $t$  ее спекания высока— $1500^\circ$ . Такую температуру в обжигательных пламенных печах получить весьма трудно.

Если взять два или три сорта глин, спекающихся при разных температурах, то из них можно получить такой состав смеси, чтобы эта смесь при данной  $t$  обжига дала максимальную усадку без трещин и вполне спеклась, что гарантирует изделия от дальнейшего разрушения, если конечно  $t$  плавления смеси будет стоять значительно выше  $t$  печи или расплавленного металла.

Имея эти обстоятельства в виду, состав массы как для лещадки, так и для стопоров (пробок и станков) шихтуют так (в %):

Для лещадки . . . . .	10	глины атляндской
” ” . . . . .	30	” челябинской,
” ” . . . . .	60	” чебаркульской.
Для пробок . . . . .	45	лещадки,
” ” . . . . .	45	глины чебаркульской,
” ” . . . . .	10	” челябинской,

что соответствует составу шихты для пробок:

7,25	глины атляндской,
26,85	” челябинской,
66	” чебаркульской.

Начальная температура спекания, согласно табл. 11 (в градусах).

Чебаркульской глины . . . . .	1480
Челябинской „ . . . . .	1350
Атлянской „ . . . . .	1450.

Помножив цифры начальных температур спекания глин на соответствующие цифры процентного состава шихты, в сумме получим температуру, которая потребуется для обжига, чтоб масса после обжига получилась вполне спекшаяся, т. е. устойчивая.

$$\begin{aligned} 0,0725 \times 1450^\circ &= 105,25 \\ 0,2675 \times 1350^\circ &= 261,125 \\ 0,66 \times 1480^\circ &= 976,8 \\ 1443,05 &= 1450^\circ. \end{aligned}$$

Выражая состав шихты общей формулой:

$$\frac{a}{100} + \frac{b}{100} + \frac{c}{100} = m,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , весовое содержание в шихте глин,  $m$  шихта, масса которой равна 100 весовым частям всех глин, входящих в состав шихты, получим формулу для подсчета необходимой температуры обжига в таком виде:

$$\frac{a}{100} t_a^\circ + \frac{b}{100} t_b^\circ + \frac{c}{100} t_c^\circ \dots = t_m^\circ$$

или

$$at_a^\circ + bt_b^\circ + ct_c^\circ = 100t_m^\circ,$$

где

$$t_a^\circ, t_b^\circ, t_c^\circ$$

начальные температуры спекания глин, входящих в состав шихты и  $t^\circ$  — температура спекания шихты, а следовательно и  $t$  обжига для изделий, приготовленный по этой шихте.

По цене самой дорогой, а по качеству, в смысле спекания и пластичности, наиболее ценной является глина челябинская, за ней идет чебаркульская и самая дешевая из них и вместе с тем самая наихудшая атлянская.

Поэтому челябинской глины вводится в шихту только как раз допускаемый минимум, чтобы получить спекание массы при необходимой температуре.

Лещадка составляется более жирной для получения однородного и прочного зерна с возможно меньшим количеством мелочи. 45% лещадки для шихты на пробки вполне достаточно, чтобы избежать образования в них трещин, тем более что прибавление большого количества удорожило бы производство.

Пробки обжигаются вместе с динасом и задалживают много места в печи, имея перекрышку из обожженного ранее кирпича, поэтому стаканы приходится иногда обжигать при более низкой температуре 1370° вместе с кварцево-глинистым кирпичом.

В этом случае шихта составляется для спекающейся массы лещадки при 1370°, так: глины чебаркульской обожженной 60%, глины челябинской сырой 40%.

Лещадка обжигается при 1370 (в ‰).

Для массы глины чебаркульской сырой	30
” ” ” челябинской	15
” ” ” атлянской	10
” ” ” лещадки	45

Температура обжига стаканов по предыдущему расчету должна быть 1434°, следовательно температура обжига 1370° недостаточна. Исследование под микроскопом показывает, что полного спекания массы нет, следовательно существует опасность, что стаканы будут размыться струей жидкого металла, что частично и наблюдается.

Попытка обжигать пробки, сшихтованные по первому варианту при температуре 1370°, оказалась неудачной, ибо вследствие отсутствия в них полного спекания, они оказались непригодными для дела.

**Приготовление лещадки.** Шихтовка ее производится небольшими порциями на деревянной площадке, откуда она поступает в глиномялку.

Для удобства сушки, обжига и перемола лещадка формуется в кирпичи, размерами 230×115×50 мм.

Размол производится в шаровой мельнице производительностью до 1,5 тонн за 6-часовую смену. Лещадка после размола пропускается через сито, дающее зерно до 3 мм.

**Пробки и стаканы.** На пробки и стаканы из сырых глин отбираются только наиболее чистые от посторонних примесей куски. Сушится глина на чугунных плитах в особой глиносушилке, размальзывается в шаровой мельнице и просеивается через мелкое сито. Масса замешивается в мешательной машине небольшими порциями сначала в сухом виде. Влажность массы должна быть такова, чтобы комок ее, сжатый в руке, не рассыпался при разжатии пальцев и не смачивал руки. Формовка производится под ручным винтовым прессом. Излишек навески при просевке выдавливается в зазор верхней части формы.

Перед каждым приемом прессовки формы смазываются смесью керосина с льняным маслом. Изделия выходят из-под пресса с гладкой блестящей поверхностью и острыми кромками.

Сушка требуется довольно продолжительная, а именно до одного месяца. При быстрой сушке получают трещины, незаметные простым глазом. Недостаточная сушка при обжиге скажется появлением в сетке поверхностных трещин.

Пробки обжигаются вместе с динасовым кирпичом до конечной температуры 1450—1470°, стаканы же, как это было сказано выше, с кварцево-глинистым кирпичом — до температуры 1370° в условиях медленного нагрева и охлаждения.

Микроскопическое исследование пробок и стаканов, приготовлявшихся ранее по шихте, не соответствующей вышеуказанному расчету и бывших в употреблении на месте назначения, показывает, что разъедание пробок и стаканов, растрескивание и срыв головки происходил именно от отсутствия связи, плотной цементации, т. е. спекания между зёрнами массы. Наоборот, излом пробки, сшихтованной по данному расчету, показывает весьма плотное прочное спекание и вид излома почти фарфоровый, причем дальнейшей усадки, как показывает обмер пробок, бывших в употреблении, таковые не обнаруживают.

Стаканы, обжигаемые при  $1370^\circ$ , не имеют полного спекания: под микроскопом видны местами отдельные пластинки чебаркульской глины, спаянные крупинками спекшейся челябинской глины. После разлива стали стаканы дают еще незначительную усадку около 6% и приобретают фарфоровый излом лишь в местах, соприкасающихся с жидким металлом. Температура обжига их несомненно мала и должна быть поднята до  $1435\text{--}1450^\circ$ .

Величина объемного уменьшения (усадка) глин при обжиге находится в полной зависимости от температуры их обжига, чем выше  $t$ , тем более усадка (табл. 12). Для разных глин усадка при одной и той же  $t$  нагрева различна. Для огнеупорных изделий величина объемного уменьшения равна средней усадке глин, входящих в состав шихты этих изделий.

Таковая определяется следующим образом.

Имея при температуре для

глины $a$	усадку $P_a$
" $b$	" $P_b$
" $c$	" $P_c$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , весовое содержание глин в шихте, получим среднюю усадку шихты:

$$P_m = \frac{a}{100} P_a + \frac{b}{100} P_b + \frac{c}{100} P_c$$

или

$$100 P_m = aP_a + bP_b + cP_c$$

Таким образом средняя усадка шихты при  $t$  металла в  $1450^\circ$ , исходя из расчета усадки каждой глины, входящей в состав изделий, должна быть для пробок—21,35%, для стаканов—21,44% (табл. 12).

45% лещадки для пробок после обжига при  $t=1450^\circ$  имеет 9,66% усадки;

45% лещадки для стаканов после обжига при  $t=1370^\circ$  имеет 6,84% усадки.

Готовые пробки после обжига при  $t=1450^\circ$  должны дать 21,35 — —9,66 = 11,69%.

Готовые стаканы после обжига при  $t=1450^\circ$  должны дать 21,44% — —6,84 = 14,6%.

В действительности: 1) пробки дают усадку 8,55%;  $11,69 - 8,55 = 3,14\%$  — разница ничтожная, равна объемному сокращению, полученному от прессовки пробок (кирпичи из глин, приготовленные для испытания (табл. 12), не прессовались, а набивались в формочки вручную); 2) стаканы дают усадку 5,12% (табл. 12)  $14,6 - 5,12 = 8,48\%$ ; за вычетом 3% сжатия от прессовки получим 6,48% усадка стакана на месте работы, что в действительности и наблюдается при обмере стаканов, бывших в употреблении.

Если произвести расчет усадки шихты для стаканов при  $t$  обжига =  $1450^\circ$ , то таковая окажется равной  $15,66 - 6,84 = 8,82\%$ .

$8,82 - 5,12 = 3,70\%$ , разница, приблизительно равная сокращению от прессовки.

Таким образом и в том и в другом случае максимальная усадка получается лишь при условии обжига изделий при температуре  $1450^\circ$ ,

т. е. температуре спекания шихты, составленной применительно к температуре металла в ковше, что гарантирует изделия от разрушения на месте назначения.

Правильность подсчета температуры обжига спекаемости глин практически оправдывается не только на пробках, стаканах и других изделиях, как-то: шамотовых трубках, проводках и прибылях для мартеновского производства, но и на кварцево-глинистом кирпиче. В последнем случае кирпич оказывается недожженным, когда при обжиге его не достигнута средняя температура спекания глин, входящих в его состав.

Практические приемы работ при приготовлении шамотных изделий вообще здесь не приводятся, так как они общеизвестны.

### **3. Приготовление кварцево-глинистых изделий**

В состав кварцево-глинистых изделий вводится 60% молотого кварцита и 40% сырой глины. Сырая распаренная глина перемешивается сначала с молотым кварцитом вручную лопатами в деревянных ящиках, затем пропускается через вертикальную глиномялку. Вместо кварца иногда употребляется молотая кирпичная ломь от тех же кварцево-глинистых изделий. Воды в массу доливать почти не приходится, так как глина после распаривания получается хорошо смоченная.

Масса из глиномялки развозится к разным станкам и прессам для формовки изделий. Большая часть изделий употребляемых мартеном, как-то: сифонные трубки, воронки, проводки, прибыльные наставыши, кирпич для насадки камер, а также доменный, рекуператорный и кирпич для кладки всех нагревательных печей готовится из кварцево-глинистой массы.

Температура плавления его не ниже 1700°. Так например кварцево-глинистый кирпич, вводимый в плавильное пространство мартеновской печи, средняя  $t$  которой равна 1680° в продолжение 8 часов вполне сохраняет свою форму. Шамот из южноуральских глин при этом условии плавится полностью. Общие приемы составления масс, формовки изделий, их сушки и обжига ничем не отличаются от приемов приготовления шамотных изделий.

Температура обжига их довольно высока, именно не ниже 1350°, так как только при этом условии получается плотный вполне обожженный кирпич, что объясняется тем, что эта температура соответствует  $t$  спекания глин.

### **МАГНЕЗИТ, МАГНЕЗИТОВЫЙ КИРПИЧ И ЕГО СВОЙСТВА**

Магнезит встречается в природе в двух формах: в виде плотного аморфного магнезита и в виде кристаллического магнезитового шпата.

Плотный магнезит представляет собой чистый карбонат магния  $MgCO_3$ , соответствующий теоретическому содержанию 47,6 магнезии и 52,4 углекислоты, с незначительным лишь содержанием окислов железа. Кристаллический магнезит сильно загрязненный и содержит до 8% углекислого железа, а также некоторое количество кремнезема, глинозема, окиси кальция и пр.

Содержание примесей определяет цвет магнезита. Магнезит, по преимуществу, имеет серый или белый цвет, иногда желтый и редко коричневый. Удельный вес его от 3 до 3,3. Твердость 3,5—4.

Плотный магнезит находится в значительных количествах на греческих островах. Другие месторождения имеются в Скандинавии, Трансваале, Индии, Северной и Южной Америке.

Кристаллический магнезит находится в больших залежах в Австрийских Альпах, особенно в Штеермаркте и пр. Самые большие и лучшие по качеству залежи кристаллического магнезита находятся на Ю. Урале в двух километрах от чугуноплавильного Саткинского завода.

По ориентировочным подсчетам запасы магнезита на Саткинском месторождении исчисляются до 60 000 000 т.

Плотный магнезит, вследствие своей чистоты и весьма высокой температуры спекания, для металлургических целей почти не применяется.

По химическому составу кристаллический магнезит находит применение в следующих пределах.

MgCO <sub>3</sub> . . .	80,95 с	соответств. содержанием	38—45 магнезии,
CaCO <sub>3</sub> . . .	5—1	»	» 3,5—0,7 извести,
FeCO <sub>3</sub> . . .	8—2	»	» 4,0—1,0 железа,
Глины . . .	2—1	»	» 47,0—51,0 — CO <sub>2</sub> ,

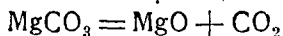
Прочие составные части — 5 — 1<sup>1</sup>

Обожженный магнезит в среднем приобретает следующий состав (в %):

MgO . . . . .	70,1 — 91,7
CaO . . . . .	6,5 — 1,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	10,5 — 2,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,7 — 2,0%
Прочие составные части . . .	9,2 — 2,0%

В металлургической промышленности магнезит имеет применение в трех видах, а именно: 1) как металлургический магнезит, 2) как магнезитовый кирпич, 3) как хромомagneзитовый кирпич.

Сырой магнезит обжигается до температуры спекания в пределах 1700—1750° в шахтных печах, работающих на нефти. Каждая печь имеет 4 форсунки. Время нахождения магнезита в печи равно в среднем 24 часам. В верхней части шахтной печи удаляется углекислота. В шлаковой зоне печи удаляются остатки углекислоты. Железо здесь вступает в химическую связь с окисью магния. Примесь глины плавится с некоторой частью закиси железа, образуя силикат, связывающий общую массу. Под давлением столба завалки в шахтной печи и высокой *t* печи кристаллическая масса магнезита расщепляется по плоскостям спайности на мелкие кристаллики, окутанные жидкими силикатами, и превращается в тестообразную тягучую массу. В нижней части печи, в потесе спекания, магнезит находится около 6 часов. Через особые отверстия внизу шахты спекшийся магнезит продырявливается и разбивается железными клюшками. Выгребные отверстия у печей находятся на уровне заводского пола. Через них готовый магнезит, что узнается по его способности прилипать к железным клюшкам и образовывать спекшиеся колобки, выгребается 4 раза в сутки. Обжиг происходит по реакции:



<sup>1</sup> См. *Wernicke*, Die Herstellung der feuerfeste Baustoffe.



## 1. Metallургический магнезит

Metallургический магнезит имеет в общей массе светлокориичневый цвет с отдельными зернами цвета белого, светлокориичневого до темно-бурого.

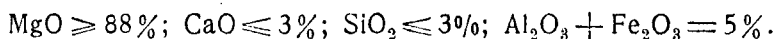
Намертво обожженный магнезит сначала очищается от вредных примесей—извести, кварца, затем отсортировывается на грохоте от мелочи, которая называется metallургическим порошком, и идет на наварку и заправку подов мартеновских печей как готовый фабрикат.

Крупные куски направляются в шаровые и вальцовые мельницы для размолв в мелкий порошок, размером не крупнее 1 мм, поступающий далее для приготовления магнезитового и хромомагнезитового кирпича.

**Metallургический** порошок не должен иметь пыли, поэтому большие куски обожженного магнезита при размолв на metallургический порошок пропускаются через вальцовки, а для кирпича—магнезит размалывается в шаровых мельницах.

Для наварки пода предпочтительно употребляется порошок размером от 2 до 6 мм.

Анализ metallургического магнезита:

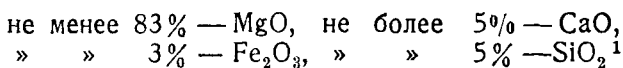


По микроструктуре намертво обожженный магнезит представляет собой мелкие кристаллы периклаза, связанные сеткой силикатов железа, алюминия и кальция. На микроснимке кристаллов не заметно: они сгруппированы в отдельные пятна и чем сильнее спечен магнезит, тем больше непрозрачных и не реагирующих на поляризованный свет пятен, пронизанных стекловидными силикатами. Чем слабее обожжен магнезит, тем более в поле зрения микроскопа наблюдается светлых пятен, хорошо реагирующих на поляризованный свет и состоящих из кристаллов карбоната магния, т. е. кристаллов естественного магнезита (рис. 36, 37 и 38). Состав и удельный вес metallургического порошка приведены в табл. 14 (см. стр. 57).

О способе применения metallургического магнезита см. В. Варначев, «В помощь мартеновскому мастеру», ст. 26. О способах получения магнезитового порошка, и магнезитового кирпича в том виде, как это делается на заводе «Магнезит» см. кн. инж. Б. И. Карачунского, «Магнезит, его добыча, переработка и применение».

## 2. Магнезитовый кирпич

Для приготовления хорошего магнезитового кирпича обожженный магнезит должен иметь:



Количество железа определяет способность к спеканию магнезита.

<sup>1</sup> См. Wernicke.

ТАБЛИЦА 14

Характеристика магнезита и изделий из него, изготовляемых заводом "Магнезит"

Наименование	ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ										Удельный вес	Водопоглоща- емость	Сопотив. раздав. в кг на 1 см <sup>2</sup>	Ми росток-	
	Потера при прокалке	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO				Без вкл. ин- затора	Со ст.-е. ш. н. н. кол
		0,73	0,58	—	1,07	—	0,34	—	0,68	45,81					
1. Сырой магнезит . . . . .	51,27	0,73	0,58	—	1,07	—	0,34	—	0,68	45,81	3,00	—	151,0	39	40
2. Металлургический магне- зит (средняя проба) . . . . .	0,38	2,44	0,90	—	1,72	—	0,34	—	2,44	91,74	3,38	—	—	37	38
3. Магнезитовый кирпич . . . . .	0,16	2,72	1,84	—	1,64	—	—	—	0,38	92,91	3,45	7,5	167,5	41	42
4. Магнезитовый кирпич, вышедший в употребле- нии в мартевской печи, — белый . . . . .	—	2,92	1,66	1,48	—	—	—	—	0,32	94,14	3,47	7	195,0	44	—
5. Магнезитовый кир-пич, вышедший в употребле- нии в мартевской печи, — спекшийся—серый . . . . .	—	6,94	2,04	—	4,48	—	1,50	Следы	6,04	79,19	3,44	0,18	411,0	45	46
6. Магнезитовый кирпич, вышедший в употребле- нии в мартевской печи, — коричневый . . . . .	—	2,84	1,90	—	1,73	—	—	—	0,35	92,74	3,49	7,5	232,5	43	—
7. Магнезитовая наварка по- мартевской печи . . . . .	—	5,66	2,35	42,27	4,70	3,51	—	0,56	4,48	34,63	4,33	0,0	—	—	—
8. Кирпич хромо-магнези- товый . . . . .	Нет	8,96	11,20	9,59	—	1,21	—	20,15	1,93	47,31	3,70	7,2	81,0	—	—
9. Кирпич, вышедший в употребле- нии в мартевской печи . . . . .	Нет	8,60	8,61	8,55	—	1,34	—	15,84	1,48	56,30	3,99	—	46,5	—	—
10. Хромистый железняк . . . . .	5,78	10,00	22,80	13,55	—	0,41	—	29,61	1,20	15,97	—	—	258,0	—	49

Выгруженный из печи спекшийся магнезит поливается водой и должен вылеживаться для гашения едкой извести и затем вручную от него отсортировывается не только известь и кварц, но и недожженный магнезит.

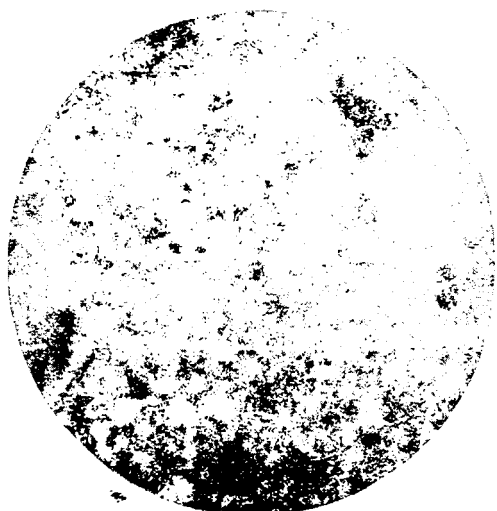
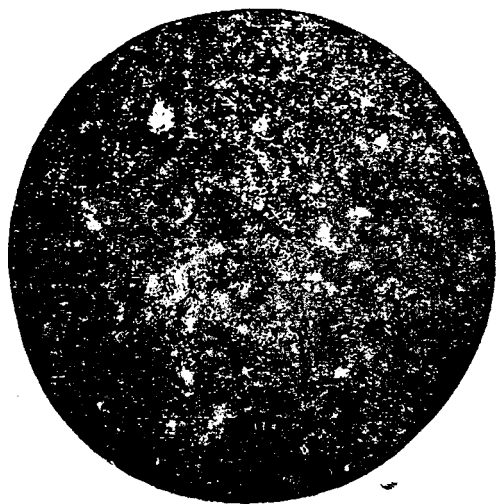


Рис. 36.

Вследствие значительного содержания железа спеченный магнезит обладает магнетическим свойством, что дает возможность при самом мелком помоле очищать магнезит от листочков талька, зерен кварца,

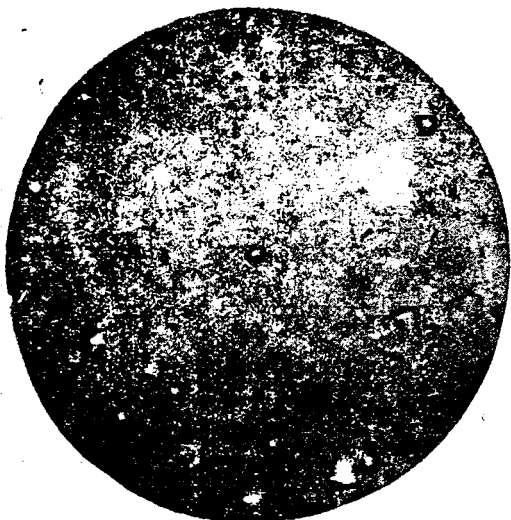


Рис. 37.

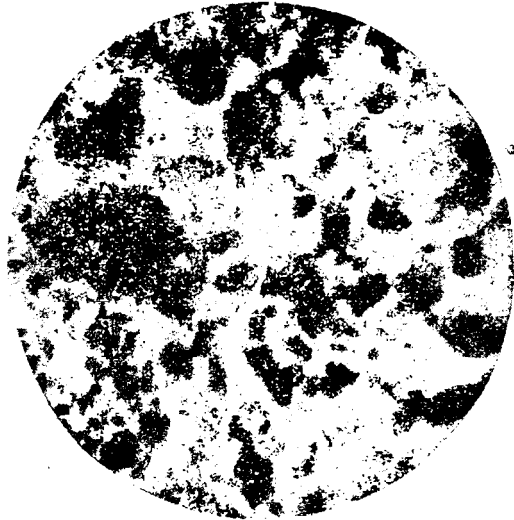


Рис. 38.

извести, при помощи электромагнита, но при этом может удаляться и очень мелкая чистая магнезитовая пыль. Поэтому обычно ограничиваются лишь ручной сортировкой.

С целью получения наиболее плотного кирпича и хорошей связи магнезитовой массы смешивают в определенной пропорции помол магне-

зита, полученный в жерновой или шаровой мельницах и из вальцовок. В первой получается значительно больше пыли, чем во второй. Вальцовки же почти не дают пыли.

В массу вводится значительная прибавка уже обожженного и вновь размолотого магнезитового кирпича (ломь).

Кроме того в массу вводится 2% по весу молотого порошка красного строительного кирпича для образования силикатов. Масса пропускается через мешально-увлажняющий аппарат, причем воды добавляется от 5 до 8% по весу. Сильно обожженный магнезит берет менее воды, чем слабо обожженный.

Готовая масса, сжатая в руке, остается в виде колобка, который при прикосновении к нему рассыпается.

Увлажненная масса отвозится в лари, где вылеживается долгое время (на «Магнезите» — 7 дней), будучи предохранена от высушивания влажными полотнищами. Вода при этом распределяется равномерно в массе и вступает частично в химическую реакцию (коллоидальное соединение), так что масса делается равномерно влажной и вылеживание оканчивается.

После вылеживания масса еще раз пропускается через мешательный аппарат для разрыхления образовавшихся комочков и проветривания ее и затем идет под гидравлические прессы.

Далее, в известном порядке, кирпич идет в сушку и обжиг.

Инж. Карачунский в своей брошюре приводит три основных правила для получения прочного кирпича:

1. При шихтовке массы глины добавлять лишь столько, сколько необходимо для образования силикатов, но отнюдь не более этого количества (в частности для саткинского магнезита, как показала практика, глины надо добавлять 2—2,5).

На «Магнезите» добавляется не красная глина, а молотый красный строительный кирпич.

2. Прессовать кирпич надлежит при наивысшем достижимом давлении<sup>1</sup>.

3. Рабочая температура при обжиге кирпича во всяком случае должна быть выше  $t$  плавления глины, т. е. выше  $1730^{\circ}\text{C}$ .

Спрессованный кирпич подсушивается на стеллажах около прессов в продолжение 3 дней.

В течение двух недель он сохнет над печами при  $t = 30^{\circ}\text{C}$ . Обжигается кирпич в печах Менгейма при  $t$  не ниже  $1750^{\circ}\text{C}$ .

На что именно надо обращать внимание при приготовлении кирпича и какие свойства его имеют наиболее существенное значение, показывают результаты его исследования.

На табл. 14 представлены результаты испытаний сырого магнезита и приготовляемых из него кирпичей саткинским заводом «Магнезит» как свежих, так и бывших в употреблении.

Сырой магнезит весьма чист и по содержанию магнезии близко подходит к теоретическому пределу (47,6).

---

<sup>1</sup> Это положение неверно. Наилучшие результаты получаются при прессовке в 250—300 атмосфер в насосе прессы, или  $1000 \text{ кг/см}^2$  давления на кирпич. При большем давлении крошки кирпича получаются с гравиями. В. Ш.

При приготовлении кирпича в него вводится незначительное количество примесей.

Параллельно с ним в таблице имеется состав кирпича, выломанного из спекшейся и несколько оплывшей части задней стены мартеновской печи, показавшей себя прочной, хорошо сопротивляющейся разьедающему действию шлаков и воздействию высокой и меняющейся температуры печи. Этот кирпич впитал в себя некоторую часть железа, сообщавшего кирпичу значительную прочность и плотность.

Магнезитовая наварка, взятая из шлаковой зоны пода печи, содержит всего лишь 34,63% магнезии и 42,27% закиси железа. Однако эта часть наварки была весьма устойчива.

Образец для анализа взят с той части пода печи, которая менее всего разьедалась во время плавки металла шлаком и подновлялась незначительным слоем наварки металлургического магнезита.

Наоборот, известны случаи из практики работы мартеновских печей, когда приходилось останавливать печь для ремонта из-за быстрого разрушения задней стены печи, сложенной из чистого магнезитового кирпича. При этом наблюдалось и такое явление, что вместо кирпича из задней стены во время ее разломки можно было собирать лопаткой серый магнезитовый порошок, причем это явление наблюдалось и при кладке кирпича всухую, и на водном растворе, и на смоле. Очевидно, оно может быть объяснено лишь отсутствием соответствующей связи между зернами магнезита, вследствие малого количества окислых примесей, главным образом окислов железа.

Это же явление вынуждало потребителей увеличивать расход более дорогого хромомagneзитового кирпича, имеющего в своем составе достаточно большое количество посторонних примесей и более устойчивого в условиях работы мартеновской печи.

При наварке пода мартеновской печи металлургическим магнезитом к последнему примешивается до 10% основного мартеновского шлака и в случае слабой завариваемости этой смеси на под бросают еще окалину, чтобы создать большую прочность пода.

Все это говорит за то, что в состав кирпича во время его приготовления при наличии чистого сырого магнезита надо вводить окислы железа для придания кирпичу большей устойчивости на месте его работы.

Так как на месте работы под влиянием длительного воздействия высокой температуры магнезитовый кирпич склонен к сжатию, т. е. к некоторому сокращению своего объема, то, очевидно, кирпич с меньшей пористостью должен быть более устойчив.

Наименьшая пористость может быть достигнута, во-первых, при соответствующем давлении при прессовке, и во-вторых, обжигом при  $t$  максимально возможной, чтобы достигнуть при обжиге полного сжатия кирпича, что достигается лишь при  $t$  спекания кирпича.

Температура спекания магнезитового кирпича весьма высока и чтобы ее понизить, надо опять-таки вводить в состав кирпича окисные примеси.

Механическая прочность кирпича в холодном состоянии обуславливается также высокой  $t$  обжига кирпича и количеством окисных примесей.

Микроструктура магнезитового кирпича представляется в следующем виде.

Сырой магнезит имеет ясно выраженную спайность, весь разбит на мелкие кристаллики, имеющие вид ромба (рис. 39), бесцветен, при вращении предметного столика микроскопа происходит потемнение большими площадками (рис. 40).

Магнезитовый кирпич в шлифе непрозрачен, светлорыжий цвета, кое-где просвечивает; изредка встречаются в нем зерна недожженного магнезита (верхняя часть шлифа); образования зернистости незаметно; шлиф получается пористым вследствие пористости кирпича (рис. 41 и 42).

Магнезитовый кирпич, бывший в употреблении, выломанный из внутренней части печной кладки, удаленной от непосредственного влияния пламени. Чуть заметно образование зернистости; на поляризационный свет не реагирует (рис. 43).

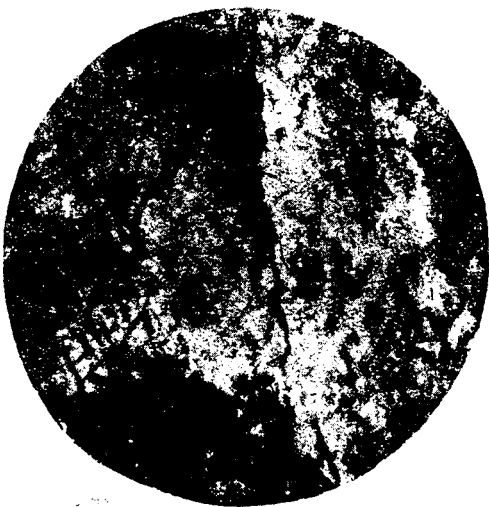


Рис. 39.

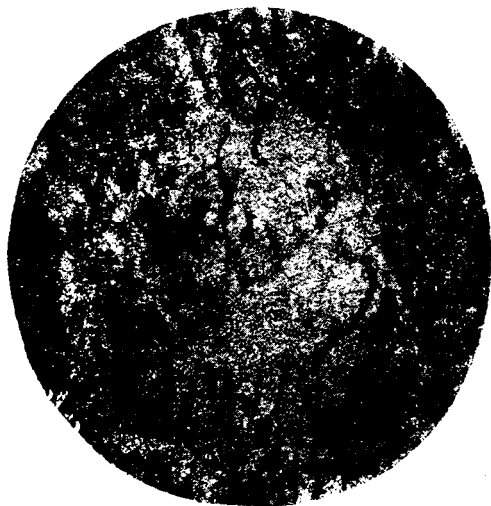


Рис. 40.

Магнезитовый кирпич, бывший в употреблении,—белый. Состоит из бесцветных прозрачных зерен (рис. 44). Часть зерен при скрещенных николях потухает, часть остается инертной. Реагирующие на поляризованный свет зерна начинают приобретать цветную окраску.

Магнезитовый кирпич, бывший в употреблении,—черный. Состоит из черных зерен, связанных кристаллическим цветным цементом. При скрещенных николях связь становится темнее.

Магнезитовый кирпич, бывший в употреблении,—коричневый. Состоит из просвечивающих зерен, пронизанных коричневыми непрозрачными точками. Цемент между зернами разноцветный. Потухание происходит и в зернах, и в цементе. Строение его сходно с белым.

Магнезитовый кирпич, бывший в употреблении, спекшийся—темно-серого цвета. Выломан из части печной кладки, соприкасающейся с пламенем печи. Состоит из прозрачных зерен. Из малых зерен образуются крупные. При скрещенных николях зерна окрашиваются во все цвета радуги. Потухание происходит площадками (рис. 45 и 46).

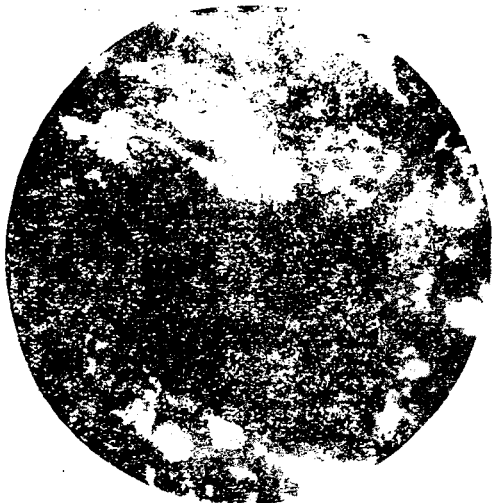


Рис. 41.

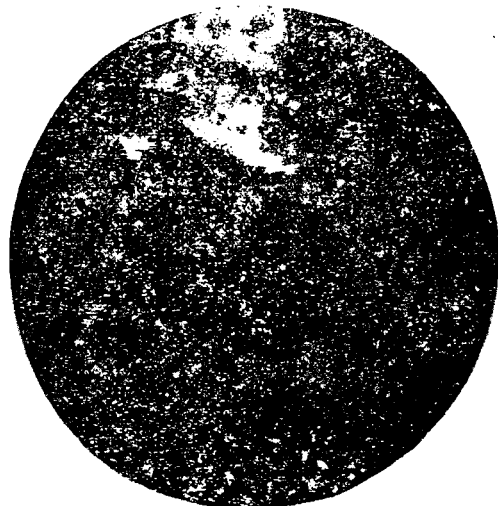


Рис. 42.



Рис. 43.

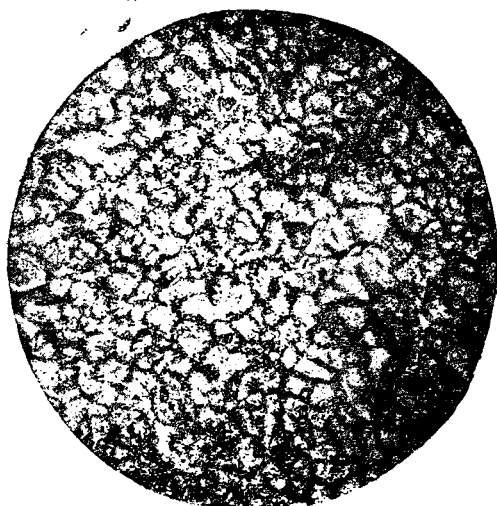


Рис. 44.

Таким образом выясняется следующий путь некоторых изменений, происходящих в магнезитовом кирпиче под действием высокой температуры и окисных примесей, главным образом окислов железа.

1. Сырой кристаллический магнезит кристаллизуется в виде мельчайших бесцветных ромбических кристалликов (рис. 39 и 40).

2. После первого обжига на металлургический порошок он теряет свою кристалличность давая большую часть спекшуюся массу, в которой однако сохраняется еще некоторая часть реагирующих на поляризованный свет микроскопа зерен магнезита (рис. 37 и 38).

3. В готовом кирпиче, вследствие прибавок в его шихту порошка красной глины или порошка молотого красного кирпича, вся масса кирпича приобретает аморфное строение, становится непрозрачной и не реагирующей на поляризованный свет.

4. Постепенно под влиянием воздействия высокой температуры кирпич начинает приобретать зернистое строение (рис. 41, 42, 43 и 44).

5. При длительном и непосредственном воздействии высокой  $t$  мартеновской печи на кирпич последний насыщается окислами железа, полу-

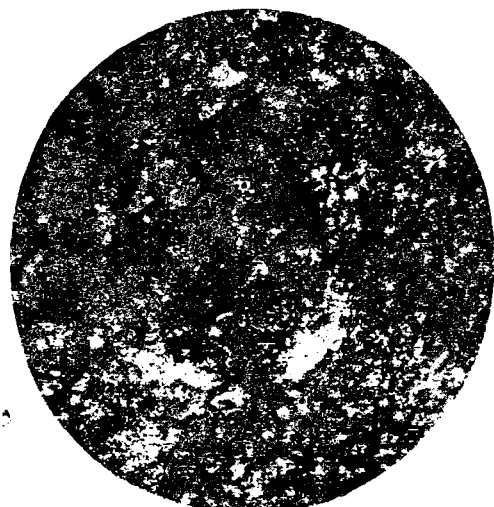


Рис. 45.



Рис. 46.

чает наиболее ярко выраженную зернистую структуру и наибольшую механическую прочность и огнестойкость (рис. 45 и 46).

6. Зерно и цемент, его связующие, при этом постепенно приобретают способность реагировать на поляризованный свет и получают цветную окраску.

### 3. Хромомагнезитовый кирпич

Для хромомагнезитового кирпича употребляется такой же порошок магнезита, как и для магнезитового кирпича. Шихта для него составляется из порошка обожженного магнезита с порошком хромистого железняка пополам.

Хромистый железняк употребляется с содержанием окиси хрома не менее 40% черного цвета, с блестящим металлическим блеском. В табл. 14



приведен состав хромистого железняка, так называемого рябчика, употребляемого в виде порошка главным образом для заделки выпускного отверстия основных мартеновских печей. С него же приготовлен и рис. 49. В шлифе он представляется в виде черных зерен, просвечивающих с краев; в особенно тонко приготовленном шлифе он окрашен в красный цвет. Зерна спаяны льдообразной кристаллической массой. Лучший хромистый железняк в шлифе дает сплошное черное местами просвечивающее красным цветом пятно.

Хромистый железняк размалывается в шаровой мельнице на зерно, размером в 1 мм. Хромомагнезитовый кирпич готовится таким же порядком, как и магнезитовый кирпич, т. е. с добавкой красной глины; то же приготовление массы, те же прессовка и условия сушки и обжига.

Хромомагнезитовый кирпич в мартеновских печах употребляется на обкладывание внутри печи столбиков головок печи и выкладку выпускного отверстия печи. Столбики в печи обычно сгорают на значительную глубину, поэтому проследить влияние высокой  $t$  на него здесь весьма затруднительно. В табл. 14 приведен состав хромомагнезитовых кирпичей свежей полочки с завода «Магнезит» и кирпича, бывшего в употреблении в кладке выпускного отверстия, где он не подвергался непосредственному влиянию пламени печи, так как внутри печи находился под слоем магнезитовой наварки, а со стороны отверстия был предохранен хромистой набойкой.

Так как свежая заделка отверстия печи производится порошком хромистого железняка, увлажненным известковым молоком, то влияние влаги на кирпич отражается на его механической прочности. При этом он становится обычно дряблым.

Свойства хромомагнезитового кирпича мало изучены вследствие его малого употребления.

В условиях работы мартеновской печи при непосредственном соприкосновении с пламенем печи он, как показал опыт, оказывается более устойчив, нежели магнезитовый кирпич, но употребляется сравнительно редко. Сам завод «Магнезит» употребляет его на сводики кирпичеобжигательных камер печей Мендгейма, где он показал себя чрезвычайно устойчивым материалом.

Отламывая от свода печи Мендгейма кусочки кирпича для микроанализа через определенное число оборотов обжигов, можно было бы проследить за изменениями в структуре кирпича, происходящими под влиянием высокой  $t$  и длительного ее воздействия.

Изготовление хромомагнезитового кирпича на заводе «Магнезит» носит случайный характер: его изготовляют лишь по особым заказам некоторых заводов, употребляющих его взамен магнезитового.

Металлургические заводы предпочитают брать пока только магнезитовый, считая хромомагнезитовый кирпич и дороже и в качественном отношении хуже магнезитового. И то и другое неверно. Стоимость кускового хромистого железняка (саранинского), залежи которого на Среднем Урале весьма значительны, почти в два раза ниже кускового обожженного магнезита. Способы обработки массы, приготовления и обжига кирпича как магнезитового, так и хромомагнезитового совершенно одинаковы. Если готовить хромомагнезитовый кирпич по шихте 50% хромита и 50%

металлургического порошка, как это обычно практикуется, то уже только при этом условии можно иметь удешевление около пяти рублей в тонне хромомagneзитового кирпича против магнезитового.

Мы готовили партию опытных кирпичей в соотношении от 10 до 90% хромита и магнезита, а также и чисто хромитовый, причем магнезит в некоторых случаях вводили в кирпич в сыром (необожженном) виде. Результаты получились чрезвычайно интересные. Почти во всех случаях получился весьма прочный, огнестойкий кирпич. Особенно хорош хромитовый с примесью 10% сырого магнезита и магнезитовый, приготовленный из обожженного магнезита с примесью 10% хромита. Первый может быть изготовляем по чрезвычайно низкой цене (не выше 35 руб. за 1 т), если в нем количество магнезитового сырца еще увеличить, что представляется вполне возможным.

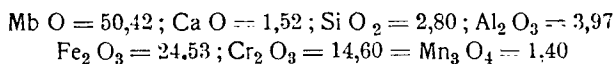
Кирпич обжигался при  $t$  выше  $1700^{\circ}\text{C}$ , не обнаружив никаких признаков размягчения и деформации. Хромомagneзитовый кирпич любой шихтовки во многих случаях может заменить магнезитовый, шамотный, динасовый и даже кварцелинистый, благодаря своей большой теплоемкости (для насадки камер мартеновских печей), большей сопротивляемости разъедающему влиянию шлаков и большей дешевизне. Поэтому следует ввести, как еще один особый вид изделий на заводе «Магнезит», изготовление хромомagneзитового кирпича, форсируя темпы развития этого производства. Для этого придется конечно, изготовить несколько партий его в смеси именно с сырым магнезитом и испытать на месте назначения, т. е. в регенеративных насадках, стенках и сводах мартеновских печей.

На сводах печей Мендгейма он стоит годами при  $t$  выше  $1700^{\circ}\text{C}$ , подвергаясь частым охлаждением и повторным нагревам.

Далее приводятся результаты параллельного испытания магнезитового и хромомagneзитового кирпичей действием на них разными реагентами.

Хромомagneзитовый кирпич для испытаний был взят нормальный, т. е. изготовленный из 50% саранинского хромита и 50% обожженного магнезита.

Средняя проба от 10 кирпичей, взятая при высверливании в них отверстий, дала следующие результаты.



Для испытания были взяты нормальные кирпичи магнезитовые и хромомagneзитовые.

В середине каждого кирпича были просверлены по три углубления размерами: в глубину на 40 мм, диаметрам 15 мм и на расстоянии одного от другого на 5 мм. Эти углубления натуго заполнялись порошкообразными материалами, перекрывались другим кирпичом, и подвергались нагреву в печи Мендгейма до температуры  $1700^{\circ}\text{C}$ , вместе с обжигаемым магнезитовым кирпичом. Обжиг всех образцов происходил при совершенно одинаковых условиях в одной и той же камере и на одной высоте камеры. Всего было приготовлено таким образом десять номеров образцов, по два кирпича в каждом номере: магнезитовый и хромомagneзитовый. Материалы были засыпаны в углубления кирпичей в следующем порядке: 1) кокс; 2) железная руда; 3) известь; 4) шамот; 5) кварцит; 6) красная

глина; 7) мартеновский шлак; 8) металлическое железо; 9) огнеупорная глина; 10) хромистый железняк.

Разъедающее действие на кирпич указанных материалов сказалось так.

1. К о к с выгорел бесследно.
2. Р у д а расплавилась, впиталась в кирпич на глубину до 20 мм в один бок углубления.
3. И з в е с т ь уменьшилась в объеме, обожглась и никакого действия на кирпич не оказала.
4. Ш а м о т. На магнезитовом кирпиче имеются разъединения в виде ямок, глубиной до 3 мм, шамот расплавился и впитался на глубину 20 мм в один бок углубления. На хромомagneзитовом заметно разъединение до 3 мм, расплавившийся шамот впитался равномерно на глубину до 5 мм.
5. К в а р ц и т. В магнезитовом кирпиче расплавился и впитался равномерно на глубину до 12 мм; в хромомagneзитовом кирпиче сплавился в пористую массу.
6. К р а с н а я г л и н а. В магнезитовом кирпиче расплавилась и впиталась в него равномерно на глубину до 5 мм; в хромомagneзитовом—то же.
7. М а р т е н о в с к и й ш л а к. Впитался в кирпич—магнезитовый на глубину до 15 мм, сообщив ему черный цвет, в хромомagneзитовый на глубину 5 мм.
8. М е т а л л и ч е с к о е ж е л е з о. В магнезитовом кирпиче расплавилось и впиталось на глубину до 50 мм в один бок углубления, в хромомagneзитовом впиталось на глубину до 2 мм; в ямке осталась закись—окись в виде пористой массы.
9. О г н е у п о р н а я г л и н а. Образовала в магнезитовом кирпиче разъединения на глубину 3 мм, впиталась в бок ямки на глубину до 20 мм, образуя поры в кирпиче до 4 мм; в хромомagneзитовом кирпиче расплавилась и впиталась в кирпич равномерно на глубину 3 мм.
10. Х р о м и с т ы й ж е л е з н я к в магнезитовом кирпиче спекся по форме углубления в плотный цилиндр; в хромомagneзитовом—соединился с кирпичом в однородную массу.

## В ы в о д ы.

1. Хромомagneзитовый кирпич более устойчив, чем магнезитовый и подвергается меньшему раз'едающему при высокой температуре воздействию металлического железа, окислов железа, кремнезема, глинозема и других материалов.

2. Наибольшее раз'едающее влияние на магнезитовый кирпич оказывали огнеупорные глина и шамот.

## КИРПИЧ ХРОМИСТЫЙ, КОКСОВЫЙ и ТАЛЫК

### 1. Приготовление хромистого кирпича

Приготовление хромистого кирпича имеет большое сходство с приготовлением динаса.

Хромистый железняк размалывается под бегунами и просеивается через сито с отверстиями в мм. Хромистая масса для кирпича промешивается также под бегунами. В состав ее вводятся два процента

извести в виде раствора известкового молока. Консистенция массы должна быть такова, чтобы комок ее, сжатый в руке, не разваливался и не смачивал водой руку. Формовка кирпича производится вручную, деревянными молотками в металлические формы на деревянных столиках с рычажными ножными выталкивателями; формы те же, что служат и для набивки динаса.

Сушка кирпича производится обычным порядком, в обыкновенных сушилках, в продолжение 2—3 недель. Обжигается он вместе с кварцево-глинистым кирпичом до температуры 1350°. Садится в печь рядами вперемешку с кварцево-глинистым кирпичом, во избежание прилипания кирпичей друг к другу. Прилипание это сказывается тем более, чем хуже исходный материал — хромистый железняк. Доброкачественность кирпича зависит исключительно от доброкачественности материала. Хромистый железняк с содержанием окиси хрома менее 40% не следует употреблять на кирпич, так как при этом кирпич деформируется и начинает плавиться во время обжига, кирпич же, приготовленный из хромистого железняка с содержанием окиси хрома не менее 45 и до 50% великолепно выдерживает температуру мартеновской печи, т. е. 1700° и более.

Хромистый кирпич «нейтрален», чем и объясняется его специальное назначение на изолирование кладки из магнезитовых кирпичей от кладки из кварцевых кирпичей; как нам уже известно, кварцевый кирпич — динас имеет кислотный характер (кислый огнеупорный кирпич), магнезитовый же кирпич имеет основной характер и если их класть непосредственно один на другой, то они при высокой температуре в печи действуют друг на друга, образуя легкоплавкую смесь.

Кислая мартеновская печь кладется вся из динаса, основная мартеновская печь имеет стены и под из магнезитового кирпича, а свод — динасовый. Для изоляции кислого свода от основных стен печи и применяется хромистый кирпич (рис. 47):

- a* — динас
- б* — магнезитовый кирпич
- в* — изоляция из хромистого кирпича.

Хромистый кирпич употребляется иногда также на выкладку изнутри печи динасовых столбиков от разъедания основными шлаками, но за последнее время вытесняется более огнеупорными прочным хромомagneзитовым кирпичом как в первом, так и во втором случае. Кроме того хромистый кирпич употребляется на выкладку пода нагревательных печей в прокатных цехах. Шамотный или кварцево-глинистый кирпич для этой цели не пригоден, так как кусочки глины или зерна кварца от кирпича при высоком нагреве металла и пода печи прилипают к размягченному металлу, особенно при его перекачивании по поду, а в дальнейшем при прокатке вдавливаются в металл, образуя песочины и чернотины. Но и здесь хромистый кирпич за последнее время вытесняется тальковыми плитами. Тальк выдерживает очень высокую температуру, а болванки металла при перекачивании скользят по нему очень легко.

Хромистому кирпичу даются размеры 250 × 125 × 65 мм. Вес одного кирпича равен 4,8 кг.

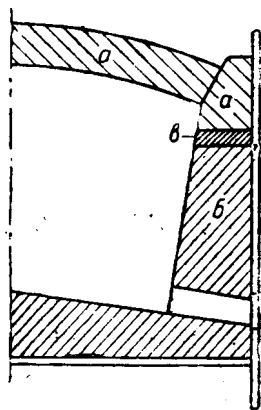


Рис. 47

## 2. Приготовление коксового кирпича

Для приготовления коксового кирпича употребляется порошок молодого каменноугольного кокса и обезвоженная каменноугольная смола. Кокс размалывается под бегунами и просеивается через сито с отверстиями в 2 мм. Кокс предпочитается кусковой и отборный.

Смола перед употреблением кипятится в чугунном котле емкостью около 0,5 м<sup>3</sup>, вделанном в обыкновенную очажную печку. Кипячение производится на открытом воздухе и имеет целью: 1) удалить всю воду, имеющуюся в смоле, и 2) разжижить смолу, для того чтоб она лучше перемешивалась с коксом.

После выпарки воды, что обычно продолжается около 3 часов, дрова из топки выбрасываются, а кокс засыпается в горячую смолу примерно в такой пропорции, выработанной опытом: на 1 часть смолы 2 части кокса по объему, при этом получается масса желаемой консистенции, не разваливающаяся и не жидкая.

Формовка кирпича производится еще из теплой массы вручную на ручном станочке с ножным выталкивателем. Двое рабочих—один формовщик и один вспомогательный—в течение смены набивают 50 кирпичей, причем заготовка массы, варка смолы и отоса кирпича в сушило лежит на их же обязанности.

Так как кирпич этот предназначается исключительно для свода электрической печи системы инж. Ш т е й н б е р г а, то и размеры и форма кирпича выработаны применительно к этой печи, а именно: 280 × 220 × 100/88 мм — торцевой клин.

Роль смолы в кирпиче сводится к тому, чтобы связать частицы кокса как при формовке, так и при обжиге, причем в последнем случае смола коксуетя и образует с коксовым порошком в кирпиче одно целое.

Сушка кирпича производится в обыкновенных сушилках в продолжение двух-трех недель. Обжиг кирпича должен производиться без доступа воздуха, до температуры 11-го конуса Зегера, т. е. 1350° С. Для этого внутри кирпичеобжигательной печи между топочными выступами выкладывается в полкирпича стенка, образуя закрытое со всех сторон пространство, в которое загружается кирпич, с тщательной его прокладкой (подсыпкой) древесноугольной мелочью.

Сверху все закладывается также огнеупорным кирпичом и тщательно обмазывается огнеупорной глиной, чтобы внутрь не могли проникнуть воздух и пламя печи, иначе тогда бы сгорел и древесноугольный мусор и самый кирпич.

Коксовый кирпич, как уже было сказано, употребляется на свод электрической печи.

Схематический эскизный разрез печи представлен на рис. 48.

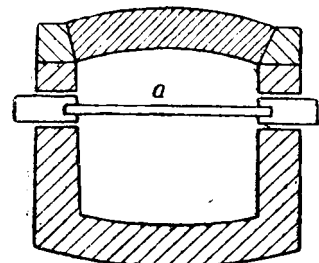


Рис. 48.

Электрический ток, проходя через коксовые электроды, а, накаливает их до температуры 1800° и более. Свод от электродов нагревается также до высокой температуры, а металл в печи нагревается и плавится за счет теплоты, излучаемой от электродов и от свода. В таких

условиях работы свода никакие кирпичи ни шамотный, ни магнезитовый, ни диас не выдерживают высокой температуры и быстро выкрашиваются или же сплавляются.

Коксовый же кирпич при аккуратном ведении работы печи выдерживает в своде печи до одного месяца работы.

На один свод печи требуется до кирпичей. Вес 1 кирпича равен 8 кг. равен 8 кг.

### 3. Тальк как огнеупорный материал

Месторождение талькового камня находится в  $3\frac{1}{2}$  км от села Сыростан по дороге в дер. Мулдашево. Здесь по склону Тальковой горы на протяжении  $1\frac{1}{2}$  км расположены четыре большие выработки под разными названиями: Сатская яма, Казенная яма и пр. На разведанном участке не более 22 га запасы талька исчисляются в 3 млн. т.

Спрос на него растет, и он вполне может конкурировать с другими огнеупорными изделиями и найдет себе широкое и преимущественное применение, в некоторых случаях заменив диас и шамот, когда последние по условиям данной работы являются и более дорогими материалами и менее удобными.

Судя по первому одновременному обжигу разных образцов талька, сыростанский тальк является наиболее подходящим для применения его как огнеупорного материала.

Поэтому, для выяснения свойств и качеств, а также и условий его применения, всестороннему испытанию был подвергнут именно тальк сыростанский.

Для испытания из талька были вырезаны и выточены правильной формы 18 штук кубиков, размерами  $100 \times 100 \times 100$  мм.

Испытание заключалось в следующем:

1. Раздавливание под прессом для определения сопротивления раздавливанию. Раздавливание производилось по двум направлениям параллельно слоеватости талька и перпендикулярно слоеватости.

2. Приготовление шлифов для микроскопического исследования.

3. Определение химического состава сырого и обожженного при разных температурах.

4. Определение изменений веса и объема при обжиге.

Кроме того из талька были вырезаны плиты, величиною  $500 \times 500 \times 100$  мм и  $1000 \times 900 \times 100$  мм, для практического применения талька в виде дымовых шиберов у кирпичеобжигательных печей.

Результаты испытаний сгруппированы в прилагаемой здесь табл. 15 (см. стр. 70).

Перед обжигом и после обжига кубики тщательно обмерялись и взвешивались. При этом замечено, что размеры кубиков по пути слоеватости после обжига немного уменьшаются, в направлении же перпендикулярном остаются без изменения, или увеличиваются вследствие образования трещиноватости по слоям.

Обжиг производился в кирпичеобжигательных круглых, периодически действующих пламенных печах вместе с кварцевоглинистыми изделиями (на  $800$ — $1000$ — $1320^\circ$ ) или диасом (на  $1460^\circ$ ), причем образцы 1—2 были вынуты из печи после сплавления конусов 15 и 6, образцы 3—4 были вы-



гружены из печей вместе с изделиями при сплавлении конусов 11 и 16, образцы 5 были прокалены на пороге загрузочного окна мартеновской печи.

После раздавливания материал от образцов поступал в лабораторию на определение удельного веса, состава и микроструктуры.

Сырой тальк имеет светлосерый цвет, плотное слоение, имеет белые прослойки более мягкого против основной массы талька.

Разницы в составе между белыми прослойками и прочей массой не обнаружено. Белые прослойки более легкоплавки, нежели остальная масса, обнаруживая склонность к плавлению уже при обжиге при  $1460^{\circ}\text{C}$ . При разных температурах обжига цвет талька меняется, переходя постепенно от светлосерого в темносерый при  $800^{\circ}$ , розоватый при  $1000^{\circ}$ , светлорыжий при  $1320^{\circ}$  и темнорыжий с светлорыжими пятнами при  $1460^{\circ}$ . Обожженный при  $t=1460^{\circ}\text{C}$  приобретает в прослойках темнорыжий цвет, причем эти прослойки, имевшие в сыром тальке более светлый вид, частично начинают плавиться при этой температуре. Остальная масса имеет пестрый цвет—пятнами темнорыжевого и светлорыжевого цвета.



Рис. 49.



Рис. 50.

Температура плавления талька определена лабораторией в  $1550^{\circ}\text{C}$ .

Введенный в сыром виде в плавильное пространство мартеновской печи тальк растрескивается по плоскостям наслоений. Часть кирпича, обращенная внутрь печи, во время прокалики его на пороге мартеновской печи и 8-часового пребывания в печи приобрела вид черной пористой массы, пропитавшись мартеновским шлаком и окислами металла. Более легкоплавкие части талька стороны образцов, обращенной в печь, вытопились.

**Испытание на раздавливание.** Раздавляющее усилие, направленное перпендикулярно слоеватости талька, понимается как давление, параллельное слоеватости, так как плоскости, между которыми раздавливаются образцы, находятся в положении параллельном направлению слоеватости талька.



Наименьшую прочность показал тальк, обожженный при  $800^{\circ}\text{C}$  и наибольшую—при  $1000^{\circ}\text{C}$ . Отсюда следует, что тальк перед употреблением как огнеупорный материал следует обжигать при температуре не ниже  $1000^{\circ}$  и не выше  $1300^{\circ}$ , так как при более высокой температуре прочность его также значительно понижается, сравнительно с его прочностью в сыром виде.

В сыром виде употреблять его тоже нельзя, так как при быстром нагреве до  $800^{\circ}$  он разрушается растрескиваясь. Обожженный же в условиях постепенного и медленного нагрева до  $t$  не ниже  $1000^{\circ}$ , он становится устойчивым против резких изменений температуры, приобретая наибольшую механическую прочность.

**Состав талька.** Кубики были вырезаны из одной большой плиты. Благодаря слоистости талька в одной и той же плите возможны колебания химического состава в разных ее частях. Незначительные колебания частей в анализе талька, обожженного при разных  $t$  возможны и в сыром тальке, так что влияние обжига здесь не при чем. Наибольшее значение имеет, очевидно, влияние конституционной влаги, которая должна быть удалена при помощи медленного нагрева талька до  $1000^{\circ}$ . При нагреве до  $800^{\circ}$  часть влаги еще остается и может служить причиной разрушения талька на месте назначения при быстром его нагреве.

**Потеря в весе** происходит, очевидно, за счет выпаривания гигроскопической и удаления конституционной влаги.

Процентное содержание и той и другой определяется прокалкой талька при температурах  $100—200—300—400—500—600$  и  $700^{\circ}$ . Результаты прокалки прилагаются.

**Изменения в объеме** талька при нагреве невелики и никакого влияния на его разрушение при высоком нагреве не оказывают.

**Микроструктура.** Сырой тальк кристалличен. Его составные части микроскопической величины в виде отдельных точек реагируют на поляризованный свет микроскопа. В общей же массе всей площади шлифа он кажется аморфным (рис. 50). Прослойки талька не реагируют на поляризованный свет и состоят, как показывает анализ, преимущественно из окислов железа.

После прокладки тальк при  $800$  и  $1000^{\circ}$  приобретает лучистое сложение. Общая масса светлая, серого цвета с отдельными розовыми, голубыми и фиолетовыми пятнышками. Потухание происходит лишь в отдельных точках всей массы. Отдельные участки окрашены в желтый цвет окислами железа. Последнее ярче выражено в тальке, прокаленном при  $1000^{\circ}$  (рис. 51).

Тальк обожженный при  $1320$  и  $1435^{\circ}$  переходит в аморфное состояние, не реагирует на поляризованный свет, становится непрозрачным, приобретая вид грязного воска.

Тальк, прокаленный в мартене при  $1600^{\circ}$ ; отдельные участки шлифа имеют черный цвет, непрозрачны, аморфны и не пропускают света. Зато прозрачные участки приобрели ясно кристаллический вид, окрашены во все цвета радуги; поперечные сечения некоторых кристаллов окрашены в темнозеленый цвет и имеют вид шестиугольника. По длинной оси кристаллы имеют светложелтый цвет лучистого сложения (рис. 52). Прокаленный тальк при  $1600^{\circ}$  очень прочен, трудно поддается шлифовке, почти не растворяется в кислотах. При определении его состава, его пришлось сплавлять с другими реагентами.

## ВЫВОДЫ

1. Как огнеупорный металл для специальных целей найдет себе широкое применение, когда стоимость его будет снижена против других видов огнеупорных изделий?

2. Тальк не боится резких изменений температуры.

3. Применение его возможно в условиях нагрева до  $t$  не выше  $1500^{\circ}\text{C}$ .

4. Перед употреблением в виде огнеупорных плит или кирпичей его следует подвергать предварительному обжигу при  $t$  не ниже  $1000^{\circ}$  и не выше  $1300^{\circ}$ .

Благодаря легкости его обработки в сыром виде (он может быть распиливаем обычной древорезной пилой) он может быть особенно рекомендован там, где требуется фасонный кирпич в виде больших плит, брусьев, и пр., а именно, в дымовых шиберах, капсулах для обжига керамиковых кругов, подовых плитах нагревательных печей, перемычках между жаровыми трубами паровых котлов и пр.



Рис. 51.



Рис. 52.

**Результаты испытания сыростанского талька прокалкой в лабораторной муфельной печи при разных температурах**

Температура прокалики в $^{\circ}\text{C}$ :	200	300	400	500	600	700	800	900
Потеря при прокалке:	0,6	0,55	0,245	8,614	2,07	1,31	0,41	2,79
	16,59							

До  $500^{\circ}$  включительно навески талька, размолотого в порошок, подвергались нагреву в продолжение 2 часов, с  $600^{\circ}$  — в продолжение 6 часов.

4 навески порошка прокалены были сначала при  $200^{\circ}$ , затем при  $300^{\circ}$  и т. д.

Для каждого значения взята средняя величина от четырех навесок.

# ПОРЯДОК ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОГНЕУПОРНОГО СЫРЬЯ И ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

## 1. Кварциты

Для огнеупорной промышленности имеют значение кварциты, состоящие из мелких частиц кварца, связанных между собою аморфной кремнекислотой в виде плотного халцедоновидного цемента, развитого более или менее в значительной мере, или уплотненных между собой без промежуточной сетки цемента в плотную горную породу. В первом случае кварцит называется аморфным, во втором—кристаллическим.

Наибольшее значение при выборе кварцитов для кирпича имеют их физические свойства и особенно их микроструктура, но и для чистоты их химического состава, а также их огнеупорности имеются известные пределы, вне которых кварцит становится непригодным для применения его в огнеупорном деле.



Рис. 53.

Поэтому при изучении кварцитов следует обращать внимание на следующие его свойства: 1) макроструктура, 2) химический состав, 3) удельный вес, 4) огнеупорность, 5) отношение к нагреву, 6) микроструктуру.

**Макроструктура.** Опыт показывает, что кварциты слоистого пестрого вида, имеющие посторонние включения в виде черных точек, прослоек, блестящих слюдяных пластинок и пр., разрушаются в динасе скорее всего по этим включениям, сообщаящим зернам кварцита в динасе или легкоплавкость или дряблость.

Кварцит, пригодный для динаса, имеет совершенно однородное и плотное на вид строение с занозистым изломом: при дроблении дает остроугольные куски и зерна. В некоторых случаях—в худших сортах кварцита, приближающегося по строению к песчанику, зернистость его бывает заметна невооруженным глазом.

**Химический состав.** Количества посторонних примесей не должно превышать известных пределов. Присутствие их свыше 3% уже вредно. Характер их распределения в кварците имеет большое значение.

Равномерное их распределение в тесном смешении с кремнеземом,

как это имеет место в аморфных кварцитах. способствует преобразованиям кремнезема при более низких температурах; групповые и сосредоточенные включения образуют легкоплавкие ячейки.

В составе кварцитов обычно определяют содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и потери при прокатке.

В каждом отдельном случае приходится делать определения и других составных частей, каковы например окислы меди в татарском кварците и пр.

Методы ведения анализа общеизвестны. Имеются указания на этот счет вообще для огнеупорных кирпичей в книге Литинского «Шамотный и кварцевый кирпич», стр. 259.

**Удельный вес.** Разновидности кремнезема резко различаются друг от друга по удельному весу. Поэтому определение удельного веса имеет большое значение во всех случаях суждения о качестве кварцевого сырья и изготовляемого из него кирпича.

Наибольший удельный вес имеют кварцы—около 2,65—2,66, за ними следуют кристаллические кварциты—2,62—2,65 и наконец удельный вес аморфных кварцитов редко превышает 2,60. Испытание это имеет особенно важное значение для динаса, так как оно дает возможность судить о качестве кирпича, потому что удельный вес является показателем полноты превращения кварца в тридимит и кристобалит.

**Огнеупорность.** Кристаллические кварцы, как наиболее химически чистый кремнезем, очень огнеупорны, но при быстром нагреве растрескиваются.

Крупнозернистые кварциты ведут себя аналогично кварцу. Мелкозернистые кварциты сохраняют некоторую прочность до  $1450^\circ$ . При дальнейшем прокаливании, как и кварцит крупнозернистый, рассыпаются на исходный песок.

Определение  $t$  плавления для всех видов кремнезема, более или менее чистых, дает цифры, разнящиеся весьма незначительно ( $20—40^\circ$ ), но эта разница в условиях работы мартеновской печи, где  $t$  плавильного пространства часто достигает предельной  $t$  огнеупорности динаса, эти  $20—40^\circ$  имеют довольно существенное значение. Поэтому определением  $t$  плавления кварцевого сырья пренебрегать не следует. Тем более, что иногда вследствие отсутствия слюды и разных примесей кварцит показывает более высокую точку плавления, чем кварц.

**Отношение к нагреву.** Громадное значение имеет отношение к нагреву кварцевого сырья. Оно весьма различно не только у кварцев и кварцитов, но и у кварцитов одного вида, скажем кристаллических, оно различно.

Аморфные кварциты достигают уже при первом обжиге наибольшего перерождения и следовательно они могут быть доведены до постоянного объема в кратчайший срок при минимальной затрате топлива.

Для определения скорости преобразования кремнезема в кварцитах следует подвергать кварциты повторным обжигам в условиях обжига динаса в фабричных печах. При этом устанавливается в процентах соответствующее каждому обжигу увеличение объема и уменьшение удельного веса. Результаты воспроизводятся в виде кривых, как это указано в книге Вернике, а также и у Литинского, стр. 25.

**Микроструктура.** Преобразование кварца в кристаллический тридимит по определенному пути, а именно: кварц сначала обесцвечивается, затем расщепляется или вернее переходит в изотропное состояние в виде прожилков и из изотропного состояния выкристаллизовывается в виде тридимита. В аморфных кварцах этот путь значительно сокращен, так как кварцевые индивидуумы в нем чрезвычайно малы и окружены мельчайшими частицами аморфного кремнезема. В составе некоторых кварцев и кристаллических кварцитов, которыми особенно богат Урал, имеется более или менее значительное количество зерен или кристаллов уже обесцвеченных (не дающих в поляризованном свете микроскопа яркой окраски). Чем больше кварц или кварцит имеет таких обесцвеченных участков, тем он легче переходит при обжиге в тридимит. Процентное содержание таких участков в сыром материале даст весьма ценные указания для выбора материала на дело приготовления динаса. Наблюдение за процессом преобразований через микроскоп при повторных обжигах кварцитов также даст ценные указания.

Посторонние ячейковые включения легко распознаются через микроскоп, не говоря уже об определении величины зернистости и разновидности кремнезема.

## 2. Динас

Из испытуемого кварцита следует приготовить четыре группы кирпича с введением в состав его 2,5% CaO, 0,5%—глины и 97% помола кварцита: 1-я группа с помолом, пропущенным через сито с 5-мм отверстиями, 2-я группа с помолом, пропущенным через сито с 2,5-мм отверстиями. 3-я группа с добавкой 2% окислов железа и 1/2% древесно-угольной мелочи к 1-й группе и 4-я группа с этими же добавками к 2-й группе. Остальные условия изготовления (размол, приготовление массы, формовка, сушка и обжиг) должны быть совершенно одинаковы для разных кварцитов и опытных групп кирпича.

Исследование готового кирпича должно производиться следующими способами испытаний. Указанные здесь способы испытания, применимые и вообще для исследования всякого динасового кирпича, таковы: 1) макроструктура, 2) химический состав, 3)  $t$  плавления, 4) удельный вес, 5) объемный вес, 6) пористость, 7) рост после нагрева, 8) механическая прочность, 9) статическая прочность при высоких  $t$ , 10) оплавление динаса, 11) разъедание шлаками, 12) прокалка при высокой  $t$ , 13) сопротивление температурным изменениям, 14) микроструктура, 15) работа на месте назначения.

**Микроструктура.** Определяется величина помола в динасе и прочность связи с цементом; зерна кварцита могут выкрашиваться из общей массы динаса или же, наоборот, быть так крепко с ним спаяны, что при разламывании кирпича разламываются и зерна кварцита вместе с цементом.

**О химическом составе,  $t$  плавления, удельном весе и микроструктуре** можно сказать то же самое, что уже сказано об этом в кварцитах.

**Объемный вес** не является значительным фактором в динасе, т. е. зависит от удельного веса и от величины и числа пустот в кирпиче.

**Пористость.** Об относительной пористости разных кирпичей можно судить по количеству воды в процентном отношении к его весу, впитанной кирпичом после 28-дневного вымачивания в воде.

Более подробно см. Литинский, «Шамотовый и кварцевый кирпич», стр. 294.

**Рост после нагрева 1600°.** Испытание производится над призмами кирпича, размерами  $2,5 \times 2,5 \times 10$  см; нагревание и охлаждение производятся по 20 часов, чтобы избежать образования трещин. До испытания бруски измеряются. При  $t$  1600° выдерживаются 24 часа, после чего вновь измеряются. После 24-часового выдерживания при  $t$  1600°, динас делается практически нерастущим при последующих нагревах.

**Механическая прочность** определяется раздавливающим усилием, выраженным в  $кг/см^2$  раздавливаемого кубика ( $65 \times 65 \times 65$  мм), вырезанного из кирпича. Для испытания может служить любой пресс, точно вызывающий нагрузку.

**Статическая прочность при высоких  $t$ .** Испытание на сопротивляемость давлению при высоких  $t$  возможна лишь при наличии соответствующих установок, см. Литинский «Шамотный и кварцевый кирпич», стр. 265.

**Оплавление динаса.** Испытание кирпича на оплавление производится так же, как рост  $t$ , при нагреве в течение 20 часов до  $t$  1500°, при которой выдерживаются 3 часа, затем  $t$  еще медленно поднимается на 150°, после чего ток выключается, печь плотно закрывается и медленно охлаждается. При этом некоторые образцы оплавляются, давая на местах железистых пятен углубления.

Разъедание шлаками, сопротивление температурным изменениям, см. Литинский, стр. 289.

**Прокалка при высокой температуре.** Это испытание лучше всего производить в заднем муфеле мартеновской печи, предварительно прогреть кирпич на своде печи не менее суток. Кирпич постепенно продвигается к внутренней части печи так, чтобы наружным воздухом его не охватывало и чтобы он находился по возможности в газе, т. е. в восстановительной атмосфере.

Прокаливание производится в продолжение 3, 12, 24, 48 часов для определения потребного количества времени для полного перерождения динаса в тридимит. Это испытание тесно связано с предшествующим и последующим определениями микроструктуры динаса.

**Работа динаса на месте назначения.** Лучше всего производить наблюдение за поведением динаса, вставленного в свод мартеновской печи. В этом случае он доступен наблюдению во время разогрева печи, во время ее работы, а после останова печи качество кирпича определяется, во-первых, количеством плавок, выдержанных печью до ее останова, а во-вторых, степенью оплавления кирпича и степенью его перерождения.

### **3. Исследование глин для установления тех их свойств, которыми определяется их пригодность для приготовления огнеупорных изделий**

Различное происхождение глин, весьма разнообразный их состав и многие другие признаки значительно отличают глины друг от друга, благодаря чему глины могут иметь различное техническое применение.

Поэтому необходимо приступить к изучению как запасов, так и свойств наших глин в определенном порядке и для возможности сравнения

однородности их свойств необходимо применение при их изучении единообразных методов технического исследования глин.

Для полной характеристики каждой глины необходимо знать не только ее химический состав, но и ее петрографические, физические и механические свойства.

Существующие на большинстве уральских заводов методы анализа и одностороннего изучения глин недостаточны и в большинстве случаев для характеристики глин ничего не дают.

Не касаясь изучения условий залегания глин и мощности их месторождений, здесь следует лишь перечислить необходимый минимум работ, охватывающих ряд определений для исследования каждой глины в сыром и обожженном виде.

**Механический анализ глин.** К механическим примесям в глине относятся все включения зернышек минералов и землистых веществ в глинистом веществе (глинистая субстанция—каолинит—состава выражаемого формулой  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ); примесями большею частью являются в грубозернистом виде кварцевый песок, полевой шпат, слюда, гипс, хлорит, колчедан, известняк, роговая обманка и др. Проф. В. И. Икскуль (см. журнал «Керамика и стекло» № 1 стр. 435, 1925 г.), рекомендует следующий способ для точных предварительных сведений о механическом составе глин, отмучивания глин.

«Навеску в 100 г глины разводят водой до состояния жидкой кашицы, которую кипятят  $\frac{1}{4}$  часа и потом пропускают, смотря по надобности, через высушенные и взвешенные сита в 900, 2500 и 4900 сетель на  $1\text{ см}^2$ . Остатки на ситах тщательно промывают, сушат вместе с ситами и взвешивают. Прибыль в весе сит прямо даст процент той или иной величины зерна примеси, которую полезно рассмотреть под лупой с целью выяснения ее минералогического состава».

Этому же методу придает также большое значение и проф. Лысин (см. «Керамика и стекло» № 1, стр. 14, 1928 г.), указывающий подобный же порядок определения механических примесей в глине при помощи отмучивания на ситах.

**Рациональный анализ.** Механический анализ отделяет глинистое вещество от более крупнозернистых составных частей глины. Полное отделение глинистого вещества от отощающих ее более крупных зерен механическим анализом невозможно. Рациональный же анализ дает возможность химическим путем, основанным на способности глинистого вещества разлагаться при действии концентрированной горячей серной кислоты, определять содержание глинистого вещества и отощающих ее примесей кварца и полевого шпата.

Проф. Икскуль рекомендует в отличие от других способов (например по методу Зегера, описанному на стр. 40 «Вестника силикатовой промышленности» 1923 г., № 8—9) остановиться на анализе Болленбаха, позволяющем рядом с обычными данными рационального анализа, каолинитом, кварцем и полевым шпатом, еще учесть слюду и кальцит.

Методом Болленбаха, описанным проф. Икскулем в ст. «Химическая лаборатория и ее работа на фарфоровых, фаянсовых и стекольных заводах», журнал «Керамика и стекло» 1925 г., № 11, стр. 437, и следует воспользоваться при ведении рационального анализа.

**Химический анализ.** Химический анализ глин является одним из вспомогательных средств суждения о качестве их. До сего времени химический анализ в уральских лабораториях является чуть ли не единственным способом, и то осуществляемым не до конца, определения качественности глин. Помимо обычно определяемых в составе глин  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и потерь при прокатке необходимо делать определение содержания окиси титана, ангидрида серной кислоты, щелочей и в некоторых случаях закиси Mn, ангидрида фосфорной кислоты и др. (ванадия, циркона), ибо присутствие щелочей и титана сообщает легкоплавкость, сера в местах включений образует легкоплавкие очаги и т. д.

Химический анализ глин и других глиносодержащих пород ведется одинаковым и точно определенным образом. Порядок ведения химического анализа глин полно изложен в журнале «Керамика и стекло» за 1925 г., № 11, стр. 435.

Влагу следует определять: а) гигроскопическую—при сушке глин на воздухе и при нагреве до  $105^\circ$  и б) конституционную—при нагреве до  $400^\circ \text{C}$ .

**Петрографический анализ.** При помощи микроскопа имеется возможность удовлетворительно определять не только качественный, но и количественный состав минералов. Но для этого требуется большой опыт, особенно для испытания глин, состоящих из пород, выветрившихся и сильно измельченных, так что эта работа может быть доступна лишь для заводов, обладающих хорошо оборудованной лабораторией.

**Пластичность глин.** Пластичные глины отличаются особенной связующей способностью; масса их сохнет неравномерно, искривляется и дает трещины.

Пластичность глин определяется или их абсорбционной способностью, связанной с присутствием коллоидальных веществ в глинах, или способностью поглощать значительное количество воды (до 70%).

Пластичность глин практически определяется по нормальной ее консистенции.

За нормальную консистенцию принимается такая, при которой маленький сырой глиняный шарик после легкого прокатывания между ладонями свободно от них отстает.

Это та же консистенция, при которой на практике в заводах перерабатывается глина в глиномялках (см. «Вестник силикатной промышленности», 1924 г., № 2, стр. 38). «Определение количества воды для такой консистенции производится так. К 100 г хорошо перемешанной, предварительно замоченной глины прибавляется еще небольшой излишек воды так, чтобы получилось тесто, сильно прилипающее к рукам. Последнее легко просушивается в сушильном шкафу или размешивается на какой-либо всасывающей воду подставке и затем вновь размешивается только что вымытыми сухими руками; если тесто все еще будет приставать к рукам, его вновь слегка подсушивают и внимательно повторяют те же операции до тех пор, пока при прокатывании шарик не будет гладко отставать от ладони. Тогда он тотчас же взвешивается, расплющивается в лепешку, совершенно высушивается при  $120^\circ$  и взвешивается вновь. По разности весов определяется количество прибавляемой воды.

Количество воды, которое надо прибавлять к глинам для получения



нормальной консистенции, очень различно колеблется между 15 и 35% (примерно) в зависимости от того, тощая или жирная глина».

**Усадка глин.** а) После сушки и б) после обжига.

Из глины нормальной консистенции, т. е. так замешанной с водой, что она легко поддается формовке, готовятся кирпичики, размером  $100 \times 50 \times 25$  мм. Кирпичики взвешиваются, обмеряются после воздушной сушки, после сушки при  $t 150^\circ$ , после обжига при 1000, 1250, 1350, 1450; 1600; 1700°. Указанные  $t$  взяты по двум причинам: 1) они отвечают  $t$  или спекания, или плавления большинства уральских глин; 2) температурные испытания правильнее вести в заводских условиях, приближая их к условиям работы огнеупорных изделий, а в заводских печных установках обычно существуют именно такие предельные  $t$ : так например огнеупорные кварцово-глинистые и шамотные изделия обжигаются при  $\approx 1250$  или  $1350^\circ$  а динас при  $1450^\circ$ ; прокалку образцов можно осуществлять в мартеновской печи при  $t = 1600$  или  $1700^\circ$ .

Обжиг при разных  $t$  в условиях работы заводских печей дает возможность определять также  $t$  спекания глины,  $t$  их плавкости, прочности на раздавливание и на разрыв, если параллельно с кирпичиками готовить и обжигать кубики и восьмерки испытуемых глин.

**Температура плавления.** Так как огнеупорность (начальная  $t$  перехода глин в капельно-жидкое состояние) и огнестойкость (начальная  $t$  размягчения глины) имеют решающее значение для определения качеств глины, то изучение этих свойств должно быть уделено особому вниманию.

При этом необходимо знать три температурные ступени:

**Температура спекания**—это предельная температура обжига, при которой глина теряет способность давать усадку.

Иногда этому понятию дают такое определение: « $t$ , при которой водопоглощающая способность материала вследствие закрытия пор делается равной нулю».

По наблюдениям автора глина по наступлении спекаемости теряет способность давать дальнейшую усадку при последующем повышении  $t$  обжига, а в изломе (в холодном уже виде) приобретает фарфоровидный спекшийся вид, что легко наблюдается и определяется через микроскоп при линейном увеличении не выше 20.

**Температура размягчения** или деформация, т. е. такая температура, при которой образцы начинают изменять свою форму, благодаря действительному размягчению материала.

Температура размягчения может быть выше или ниже  $t$  спекания, что можно иногда наблюдать при обжиге глин при разных  $t$ .

**Температура плавления**, при которой материал переходит в жидкое состояние. Температуру плавления определяют непосредственным сплавлением больших кусков глины в заводских печных установках, работающих при определенном температурном режиме. Это легко применимый способ для глин легкоплавких и невысокой огнеупорности. Для глин высокой огнеупорности этот способ почти неосуществим. При лабораторном способе определение плавления должно вестись так: средняя проба тонко измельчается, просеивается через сито с 900 отверстиями, смачивается водой и отформовывается в особой формочке в виде трехгранной

пирамидки, аналогичной зегеровскому конусу. Образец высушивается сначала на воздухе, а затем 105 и в лабораторной электропечи испытывается на  $t$  плавления.

**Объемный и удельный веса.** Вес куб. единицы материала с порами и пустотами и вес куб. единицы измельченного материала.

**Всасываемость воды и пористость.** Образцы заготовленные на раздавливание и на разрыв. погружаются в воду на 28 суток и снова взвешиваются. Увеличение веса, выраженное в процентах к первоначальному весу образца служит мерилем всасываемости воды.

Для определения пористости предлагается способ описанный в «Вестнике силикатной промышленности», 1924 г., № 3—4, стр. 37.

При определении пористости надо различать абсолютную и кажущуюся пористости. Первая вычисляется из разности удельного веса и

Для определения пористости предлагается способ, описанный в «Вестнике» обозначить вес  $v$ , через  $d$ —объемный вес испытуемого материала, то процентное выражение абсолютной пористости будет:

$$n = 100 \cdot \frac{v - d}{v} \dots \%$$

Кажущаяся пористость, напротив, определяется прямым опытом, т. е. из способности к всасыванию воды, и часто оказывается несколько ниже абсолютной, так как, несмотря на 28-дневное погружение в воду и соблюдение всех предосторожностей, вода не всегда может проникнуть во все поры. Если обозначить через  $d$ —объемный вес, через  $g$ —вес сухого образца, кажущуюся пористость которого надо определить, а через  $v$ —объем поглощенной воды, то получится:

$$\frac{g}{d} : v = 100 : n_1 \text{ (объем исследуемого образца)}$$

Отсюда вычисляется кажущаяся пористость:

$$n_1 = \frac{v \cdot 100 \cdot d}{g}$$

**Примеси, способные гаситься.** Известь и магнезия определяются химическим анализом. В незначительных количествах, и находясь в пылеобразном состоянии, они не будут оказывать вредного влияния в смысле образования в кирпиче более или менее явных трещин. Если же анализ покажет уже значительное количество этих примесей, хотя при этом условии недоброкачественность глины уже становится ясной, то иногда необходимо бывает выяснить присутствие известковых и мергелевых зерен,—что делается 2—3-часовым пропариванием кирпичей в небольшом медном котле при  $1\frac{1}{2}$ -атмосферном давлении пара.

**Определение прочности.** Образцы, приготовленные и обожженные при разных температурах вместе с опытными кирпичиками в виде кубиков и восьмерок, исследуются на разрыв и раздавливание на приборах для выяснения связывающей способности и прочности испытуемой глины.

**Структура обожженных образцов** может быть мелко, средне-или грузернистой, однородной или неоднородной, может иметь в составе зерна, различные по цвету, форме и размеру, что следует также отмечать, так как это имеет последующее значение при шихтовке шамотных изделий.

**Испытание свойств глин в виде готовых изделий.** Испытание кирпичей вообще должно производиться в более широком масштабе, чем это требуется для данного случая. Поэтому здесь указываются лишь некоторые и главные виды испытаний, применительно к изучению каждого сорта глины в отдельности.

Шамотные кирпичи редко готовятся из одной и той же глины. Обычно для шамота выбираются более тощие, а для цемента пластичные. Для опытных кирпичей следует приготовить зерно шамота, пропустив его при просевке все через 3-мм сито и через 1-мм сито.

Готовить кирпичи в пропорции 60% шамота и 40% сырой (необожженной, но высушенной) глины, просеянной через 1 мм сито.

Кирпичи должны быть приготовлены из одного и того же сорта глины с миллиметровым и 3-мм шамотом отдельно, а также из каждого сорта сырой глины с шамотом каждого сорта прочих глин. Одновременному исследованию должны подвергаться глины, одного района в целях выяснения возможности их применения для огнеупорных изделий именно в данном районе без доставки глин со стороны, и только в крайних случаях прибегая к примеси глин других районов республики.

Условия приготовления, сушки и обжига шамота и опытных кирпичей точно фиксируется. Обжиг производится при  $t=1350^{\circ}$ . Более низкая  $t$  не дает максимально благоприятных результатов, ибо большинство уральских глин имеет  $t$  спекания, лежащую не ниже  $1350^{\circ}$ .

Методика испытаний готовых кирпичей довольно обширно изложена в книге Литинского «Шамотный и кварцевый кирпич», с 248 по 300 стр.

Громадное значение за последнее время придается заграничными исследователями рентгенографии, посредством которой получается возможность с помощью рентгенографии «распознавать порошковатые массы не в отношении их химических элементов, а в отношении их кристаллического строения, будь то отдельные соединения, или их смеси» («Керамика и стекло», 1926 г., № 10—11, стр. 51).

Схема механизации приготовления глины

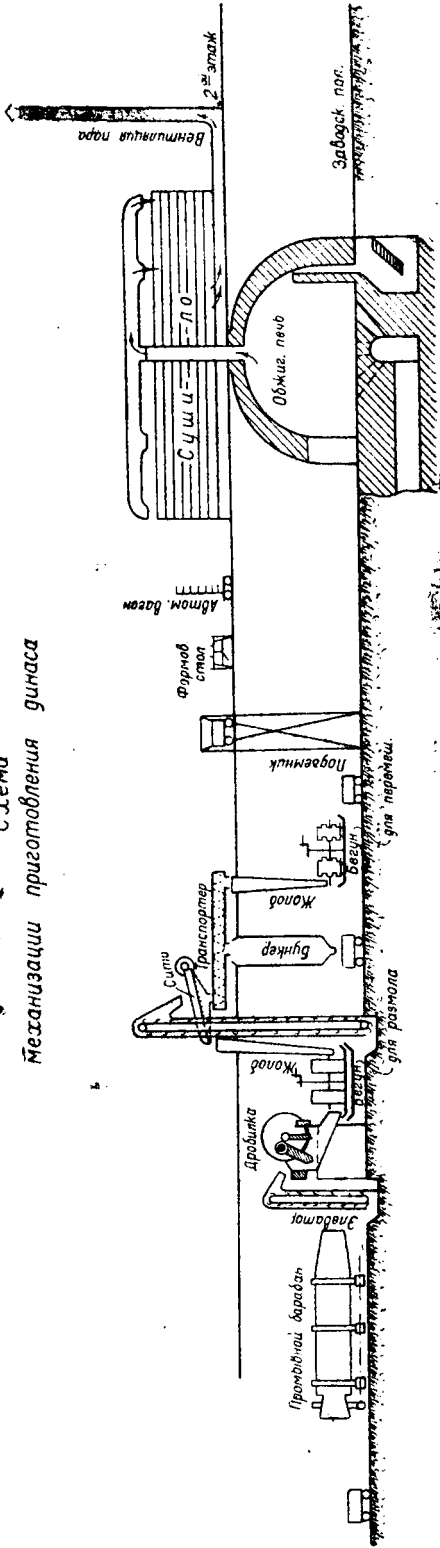
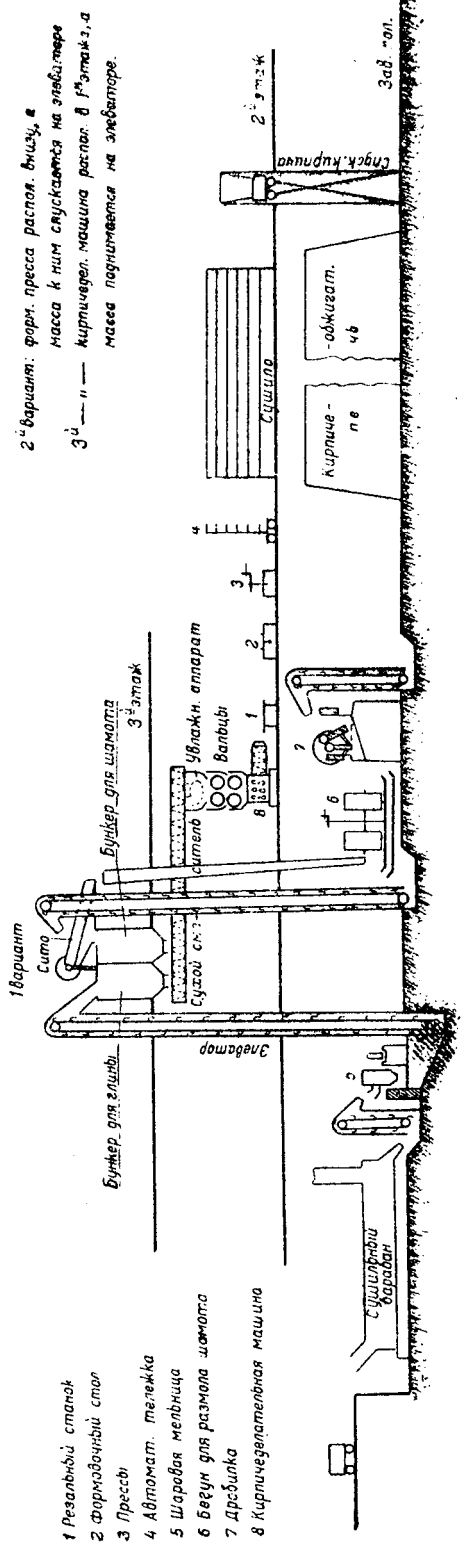


Схема механизации приготовления шаманьих изделий



2-й вариант: форм. пресса распл. внизу, а масса к ним спускается на элеваторе  
 3-й вариант: кирпичев. машина распл. в 1-м этаже, а масса поднимается на элеваторе.

- 1 Резальный станок
- 2 Формозачный стол
- 3 Пресса
- 4 Автомат. тележка
- 5 Шаровая мельница
- 6 Ведущ. для размола шамонта
- 7 Дробилка
- 8 Кирпичевая машина

Утвержден Комитетом по Стандартизации при Совете труда и обороны 14 мая 1927 г., как обязательный с 1 июля 1927 г.

Сравнительная таблица нумерации конусов Зегера

Температура в градусах С	№№ конусов в десятичном обозначении	Соответствующие №№ конусов	
		Произв. СССР— Гос. фарф. зав. «К. З.» <sup>1</sup>	Германск. произ- водства «С. К.» <sup>2</sup>
1100	110	1	1
1120	112	2	2
1140	114	3	3
1160	116	4	4
1180	118	5	5
1200	120	6	6
1230	123	7	7
1250	125	8	8
1280	128	9	9
1300	130	10	10
1320	132	11	11
1350	135	12	12
1380	138	13	13
1410	141	14	14
1435	143	15	15
1460	146	16	16
1480	148	17	17
1500	150	18	18
1520	152	19	19
1530	153	20	20
1580	158	21	26
1610	161	22	27
1630	163	23	28
1650	165	24	29
1670	167	25	30
1690	169	26	31
1710	171	27	32
1730	173	28	33
1750	175	29	34
1770	177	30	35
1790	179	31	36
1825	182	32	37
1850	185	33	38
1880	188	34	39
1920	192	35	40
1960	196	36	41
2000	200	37	42

<sup>1</sup> «К. З.»—условное обозначение конусов Зегера производства СССР (гос. фарфорового завода).

<sup>2</sup> «С. К.»—условное обозначение конусов Зегера германского производства.

## Оглавление

	<i>Стр</i>
<b>Общие понятия о материалах, употребляемых для огнеупорных изделий</b>	
1. Введение . . . . .	3
2. Глина . . . . .	3
3. Известняк, магнезит, доломит и хромистый железняк . . . . .	6
4. Кварц . . . . .	8
5. Поляризационный микроскоп . . . . .	13
<b>Динас и его свойства.</b>	
1. Разновидности природного кремнезема . . . . .	17
2. Приготовление динаса . . . . .	20
3. Испытание динаса . . . . .	24
4. Условия тридимитизации динаса . . . . .	32
5. Сравнительные качества динаса, изготовляемого разными заводами. . . . .	41
<b>Шамот и шамотные изделия</b>	
1. Приготовление кирпича . . . . .	46
2. Приготовление пробок и станков для разливки стали. . . . .	50
3. Приготовление кварцево-глинистых изделий . . . . .	54
<b>Магнезит, магнезитовый кирпич и его свойства</b>	
1. Металлургический магнезит . . . . .	56
2. Магнезитовый кирпич . . . . .	56
3. Хромомагнезитовый кирпич . . . . .	63
<b>Кирпич хромистый, коксовый и тальк</b>	
1. Приготовление хромистого кирпича . . . . .	66
2. Приготовление коксового кирпича . . . . .	68
3. Тальк как огнеупорный материал . . . . .	69
<b>Порядок технического исследования огнеупорного сырья и огнеупорных изделий</b>	
1. Кварциты . . . . .	74
2. Динас . . . . .	76
3. Исследования глин . . . . .	77
<b>Приложения</b>	
I. Схема механизации приготовления динаса и шамотных изделий . . . . .	83
II. Таблица нумерации конусов Зегера . . . . .	84

## ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ.

Ред. ГОРЯКОВА А. Г. и ФАЙНБЕР А. И. — Обзор современных мартеновских цехов и цехового транспортного оборудования.

МИНКЕВИЧ Н. А. Проф. — Свойства, тепловая обработка, назначение стали и чугуна. Том I (части 1 и 2).

Дж. МОННИПЕННИ. пер. Ф. П. Еднерал — Нержавеющие железо и сталь.

ПЕТРОВСКИЙ В. В. — Технический контроль качества продукции металлургических производств.

ПРОХОРОВ Ю. В. — Разливка стали и получение здоровых слитков.

ФАНБУЛОВ. — Практика чугуно-литейного дела.

ЧЕРЕПНЕВ И. А. — Производство биметалла.

БЕЛЬСКИЙ Б. Э. — Как определяется стоимость прокатного материала.

ПАПЬЕ — перев. и ред. Г. Б. ЛУРЬЕ. — Волочение проволоки.

МЕЙЕРСБЕРГ — пер. ФЕЙГИН Н. И. — Облагороженный чугун. Проблема перлитного чугуна.

## ПЕЧАТАЮТСЯ

БЕЛЬСКИЙ Б.—Прокатка толстых листов.

КАЛАШНИКОВ А. Д.—Уборка и использование доменного шлака.

ПАВЛОВ М. А. проф.—Определение размеров доменных и мартеновских печей.

СУСОВ Г. В.—Работа жестепрокатной бригады в листопрокатном цехе.

ИЛЬИН Г. М.—Капитальный ремонт мартеновских печей.

ЯКОВЛЕВ Н. А.—Бессмеровское производство.



Q  
3888

343