

3
1
А. М. ВИШНЕВСКИЙ

**НОВЫЕ
СПОСОБЫ
ПОДГОТОВКИ
РУД К ПЛАВКЕ**

00 —

Донецкое книжное
издательство
1962

6. ПЗ. I.
В 55

ГОС. ПУБЛИЧ. БИБЛИОТЕКА
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

51
3525

883 $\frac{1}{63}$

~~1422~~
~~В555~~

Донецкое книжное издательство в 1962 г. выпускает три серии библиотечки «В помощь слушателям университетов технического прогресса»: для металлургов, угольщиков и машиностроителей. В каждой серии пять брошюр.

В предлагаемой брошюре из библиотечки для металлургов автор рассказывает о существующих способах подготовки руд к доменной плавке, передовых методах агломерации, а также последних достижениях науки и практики в области окучивания тонкоизмельченных концентратов.

ВВЕДЕНИЕ

Железо, как известно, является одним из наиболее распространенных элементов земной коры. В природе оно встречается в виде руд. Промышленными рудами принято называть такие горные породы, из которых при современном состоянии техники выплавка металла экономически выгодна и технически целесообразна.

Теоретически металл можно получать из любых железных руд. Однако при слишком низком содержании в них железа сильно снизится производительность доменных печей, потребуется очень большой расход известняка для ошлакования пустой породы и огромное количество топлива. Поэтому использовать бедные руды непосредственно в печах невыгодно. Обычно они требуют предварительной подготовки, то есть изменения химического состава и физического состояния.

С развитием доменного производства все большее значение приобретает также проблема использования мелких железных руд, проплавливать которые в неокискованном виде

экономически невыгодно, потому что значительно ухудшаются показатели доменной плавки. В последние годы широкое распространение получило пелетирование руд, то есть окомкование тонкоизмельченных железистых концентратов и получение из них прочных комков.

В нашей стране развитию черной металлургии придается исключительно большое значение, так как от нее зависит быстрый рост всех отраслей народного хозяйства. Технический прогресс в черной металлургии, в частности, в доменном производстве, неразрывно связан с улучшением и массовым применением различных методов подготовки сырья—обогащения, агломерации, усреднения и окомкования руд. Хорошая подготовка сырья — основа успешной работы доменных печей

АГЛОМЕРАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Начиная с конца прошлого века, когда выплавка чугуна стала быстро возрастать одновременно с увеличением высоты доменных печей, пришлось ограничить долю мелкой руды в шихте, так как с повышением давления дутья увеличился вынос колошниковой пыли. В связи с этим необходимо было изыскивать методы окускования мелких материалов доменной шихты.

Существующие способы окускования мелких руд и концентратов делятся на две основные группы: окускование брикетированием и окатыванием и окускование спеканием. К первой группе относятся способы получения брикетов: а) без связующих и б) брикетирование путем добавок к руде связующих веществ с последующим прессованием смеси в брикеты определенной геометрической формы. Однако последний способ не нашел широкого применения, так как он имел ряд существенных недостатков. Брикеты, полученные без связующих веществ, использовать сразу нельзя. Их необходимо долгое время сушить, для чего

приходится сооружать громоздкие и дорогие печи. К недостаткам брикетирования с добавкой связующих веществ неорганического происхождения следует отнести загрязнение руды кремнекислотой, а также сложность процесса обработки готовых брикетов.

Наибольшее распространение получил способ спекания руд с просасыванием воздуха через слой шихты (агломерация), вытеснивший повсеместно спекание во вращающихся печах и во взвешенном состоянии. Сущность этого процесса заключается в том, что мелкие руды, концентраты, а также суррогаты руд и другие добавки в смеси с мелкодробленным топливом (коксом) спекаются при высокой температуре. В результате получается прочный и пористый кусковой материал.

По производству агломерата Советский Союз уже в 1954 г. занимал первое место в мире. В 1960 г. в нашей стране было произведено более 65 млн. т агломерата. В настоящее время почти все доменные печи работают на агломерате и кусковой руде. Всю мелкую руду размером 10—0 мм и тонкоизмельченные концентраты агломерируют. При среднем содержании агломерата в рудной части доменной шихты в размере 70% доля его в шихте отдельных заводов достигает 95—100%.

Наша страна по выплавке чугуна занимает первое место в Европе и второе место в мире. В 1961 г. в Советском Союзе было произведено 50,9 млн. т чугуна, а к концу семилетки промышленность будет давать более

70,0 млн. т. Эта грандиозная задача решается параллельно с развитием сырьевой базы, то есть железорудной промышленности, вводом в эксплуатацию новых месторождений железных руд. В связи с ограниченными запасами богатых руд и очень большими запасами бедных, в настоящее время получило широкое развитие глубокое обогащение бедных руд для получения из них железистого концентрата с содержанием железа более 60%.

Важнейшей сырьевой базой Юга является Криворожское железорудное месторождение, большая часть которого представлена окисленными железистыми кварцитами с содержанием железа до 35% и кремнезема — до 40%. Магнетитовые кварциты в настоящее время успешно обогащают на криворожских горнообогатительных комбинатах, а также на комбинатах Курской магнитной аномалии. В комплекс горнообогатительных комбинатов входят агломерационные фабрики, где из полученного концентрата производят агломерат, который направляют на металлургические заводы.

Исходные материалы для агломерации

Исходными материалами для агломерации являются: мелкие железные и марганцевые руды, железные концентраты, колошниковая пыль, пиритные огарки (отходы сернокислотного производства), известняк, известь, окалина, стружка и топливо. Самый

лучший вид топлива — кокс. Иногда к нему добавляют немного антрацитового штыба или тощего угля.

Агломерационные фабрики Донецкого совнархоза получают в основном криворожские руды фракции 0—10 мм, а из горнообогатительных комбинатов — железистые концентраты. Криворожские руды являются одними из лучших в мире: они богаты железом и не имеют вредных примесей в виде фосфора, серы, мышьяка и др. В настоящее время на агломерацию поступает железная руда с содержанием железа 52—60% и концентрат с содержанием железа 57—61,5%

В процессе металлургического, химического и других производств появляются отходы, которые могут быть использованы в агломерационной шихте. Так, например, колошниковая пыль, которая является продуктом выноса из доменных печей, содержит 35—40% железа, до 8% углерода, окись кальция и окись марганца. Все эти компоненты входят в состав доменной шихты. Сравнительно большое содержание железа в пыли, наличие в ней углерода и других полезных составляющих, а также низкая стоимость делают колошниковую пыль выгодным сырьем для агломерации.

Использовать в агломерационной шихте пиритные огарки в обычном виде экономически невыгодно. Они содержат 40—60% железа, 10—20% кремнезема, 1—5% серы, а также медь, цинк, свинец, золото и серебро. Цветные и благородные металлы целесообразно извлекать до агломерации. Пиритные

огарки имеют очень мелкую пластинчатую структуру частиц (фракция 0—0,5 мм составляет в среднем 95%). Поэтому они снижают газопроницаемость агломерационной шихты, а, следовательно, и скорость процесса спекания. Установлено, что вертикальная скорость процесса спекания снижается на столько процентов, сколько процентов пиритных огарков введено в шихту.

В агломерационную шихту добавляют обычный металлургический известняк с содержанием 52% окиси кальция и не более 2% нерастворимого остатка.

Подготовка сырых материалов

Подготовка шихты по химическому составу имеет большое практическое значение не только для агломерационного процесса, но и для последующей доменной плавки.

На большинство агломерационных фабрик поступает обычно руда одного месторождения, но из разных шахт, из-за чего материал отличается не только количеством пустой породы, но и содержанием железа. Основной задачей подготовки шихты по химическому составу является достаточно эффективное усреднение руды, коксика и других компонентов.

Организация работ по усреднению руд начинается на рудном дворе. На большинстве заводов поступающие руды и концентрат послойно укладывают в общие штабели. Этот способ усреднения материалов имеет суще-

ственный недостаток. Дело в том, что богатые и бедные руды поступают на завод неравномерно. А чтобы эти материалы, уложенные в штабели, максимально усреднить по содержанию железа, руды следует перемешать при помощи экскаватора, как это делают на металлургических заводах имени Дзержинского и «Азовсталь».

На некоторых металлургических заводах, в том числе и на «Запорожстали», концентрат, богатые и бедные руды укладывают в разные штабели. При этом диапазон колебания содержания железа в штабелях сокращается. Бедные и богатые руды из штабелей берут в определенной пропорции в зависимости от установленной базы по железу. Такой способ более прогрессивный, но требует большой площади рудного двора, так как в этом случае должно быть шесть штабелей: в грех руда формируется, а из трех — выбирается.

Первая стадия усреднения материалов на рудном дворе является довольно действенной, но недостаточной. Дальнейшим важным этапом усреднения сырья является его подготовка на агломерационной фабрике.

С рудного двора усредненную руду доставляют на аглофабрику в железнодорожных вагонах или трансферкарами. Выдачу руды из приемных бункеров следует также использовать как средство дополнительного усреднения. Чтобы лучше усреднить руду при передаче ее из приемных бункеров в шихтовые, необходимо включать в работу как можно больше бункеров, а также использовать все

емкости и загрузочные средства. При проектировании новых агломерационных фабрик нужно обеспечивать их современными усреднительными устройствами достаточной емкости.

Крупность руды, направляемой на агломерацию, определяется условиями доменной плавки. Зерна руды размером более 3—4 мм из доменной печи почти не выносятся. Однако при выборе крупности руды для агломерации приходится руководствоваться не только выносом частиц из доменной печи, но и технологией доменной плавки, а именно: распределением материалов по сечению печи и газопроницаемостью столба шихты. Установлено, что в печь нежелательно загружать руду крупностью менее 10 мм из-за значительного увеличения сопротивления столба шихты прохождению газов.

Важным условием получения качественного офлюсованного агломерата является мелкое измельчение и грохочение известняка и кокса. При спекании известковистой шихты необходимо добиваться полного взаимодействия между кремнистой пустой породой и известняком за сравнительно короткое время пребывания шихты в зоне высоких температур. До вступления в реакцию известняк должен диссоциировать и из углекислой соли перейти в окись кальция. Чтобы эта реакция прошла быстрее, нужно применять мелкий известняк.

Однако слишком тонкий помол также нежелателен, так как при этом ухудшается газопроницаемость шихты, уменьшается ско-

рость спекания и производительность машин. Установлено, что оптимальной крупностью известняка является фракция размером 3—0 мм. Несоблюдение этого условия приводит к получению некачественного офлюсованного агломерата. Кусочки известняка более 3 мм в процессе спекания шихты не успевают прореагировать с другими компонентами шихты и остаются в агломерате в виде включений свободной извести. При хранении такого агломерата эти кусочки извести жадно поглощают влагу, увеличиваются в объеме и разрушают агломерат, увеличивая количество мелочи в нем. В молотом известняке фракция размером 3—0 мм должна составлять 97—98%. Такой помол получают на аглофабриках Енакиевского металлургического завода и «Азов-сталь».

Флюсующей и интенсифицирующей добавкой является известь. Она может иметь более крупную фракцию (до 5—6 мм), так как, во-первых, до поступления на спекательные машины известь успевает в общей массе влажной шихты частично разложиться, и, во-вторых, она легче и более полно реагирует с другими составляющими шихты.

Для получения качественного офлюсованного агломерата очень важен хороший помол коксовой мелочи, обеспечивающий выход фракции размером 3—0 мм не менее 92—93%. Топливо—самый активный технологический компонент. На агломерационные фабрики обычно направляют кокс фракции 25—0 мм, отделяемый от металлургического на коксохимических заводах и в доменных

цах. Но иногда поступает сырье фракции 40—0 мм, что совершенно недопустимо, так как, во-первых, кокс фракции 25—40 мм может быть использован в доменных печах, и, во-вторых, дробить такой материал на четырехвалковых дробилках весьма затруднительно.

Выбор крупности кокса определяется скоростью его горения в зоне спекания. Для создания концентрированной зоны горения необходимо следить за диапазоном крупности топлива. При крупном помоле мелкие частицы сгорают намного раньше крупных, а это расширяет зону спекания, которая, будучи в тестообразном состоянии, является большим препятствием для просасываемого воздуха. Кроме того, крупные кусочки, откладываясь на колосниках в нижних слоях шихты, способствуют привариванию агломерата к колосникам спекательных тележек. Повышение крупности топлива увеличивает количество фаялита в агломерате, что ухудшает его восстановимость. Преимущество тонкоизмельченного топлива в том, что оно сгорает быстрее крупных кусков, а это увеличивает вертикальную скорость спекания шихты. Испытания прочности агломерата, полученного при разной крупности топлива, показали, что наибольшая прочность достигается при крупности кокса 3—0 мм.

В настоящее время для помола топлива применяют четырехвалковые коксовые дробилки. При исходном коксе 20—0 мм производительность их составляет 15—18 т/час. Очень важно, чтобы верхняя пара валков за-

гружалась равномерно по всей длине. Это способствует равномерному износу верхних и нижних валков. Необходимо систематически подваривать бандажи верхних валков, а нижние протачивать раз в два дня. В рабочем состоянии зазор между верхней парой валков должен оставлять 10—12 мм, а между нижней—1 мм.

Спекание с переменным содержанием топлива в слое шихты и применением нагретого воздуха

При обычном спекании с постоянным количеством топлива по высоте слоя шихты тепло переносится из верхних слоев в нижние, которые и получают его в гораздо большем количестве. Поэтому в нижнем слое пирога находится более оплавленный агломерат с повышенным содержанием закиси железа.

При работе с переменным количеством топлива по высоте слоя в нижний слой шихты дается меньше кокса, чем в верхний, благодаря чему выравнивается качество агломерата по высоте пирога и экономится топливо. В новой агломерационной машине К-1-200/312 шихту на спекание будут подавать в нижние слои с пониженным на 20—30% содержанием топлива по сравнению с верхним слоем. Это достигается двухбункерной загрузкой шихты на палеты.

На агломерационных фабриках металлургических заводов Енакиевского и «Азовсталь» были проведены длительные промышленные опыты по применению нагретого воз-

духа от 300 до 700°С, подаваемого на первую треть агломашины. С этой целью первая треть машины была перекрыта специальным футерованным кожухом — горном, в котором сжигался природный газ. Расстояние от поверхности шихты до свода составляло примерно 0,5 м. Опыты показали, что при этом увеличивается прочность верхнего слоя агломерата и уменьшается расход топлива. Но такой способ подогрева имеет весьма существенный недостаток: при подогреве воздуха частично сгорает кислород и его количество в просасываемом горячем воздухе снижается, что, как известно, снижает скорость процесса спекания. Таким образом, несмотря на увеличение выхода годного агломерата за счет упрочнения корки пирога и снижения выхода возврата, производительность агломерационной машины не изменяется, потому что уменьшается интенсивность спекания за счет сокращения кислорода в просасываемом воздухе.

Подогрев воздуха весьма полезен. Однако достаточно высокий эффект может быть получен только в том случае, когда воздух будет подогревать в воздухонагревателях, не снижая содержания кислорода.

Дозировка шихты и спекание агломерата

Постоянство состава доменной шихты при работе только на одном агломерате всецело зависит от точности дозировки агломерационной шихты.

Шихту, находящуюся в бункерах, можно дозировать только в том случае, когда имеются химические анализы на все материалы. При дозировке необходимо обеспечивать достаточное постоянство шихты не только по содержанию железа, углерода и влаги, но и по составу пустой породы, крупности и количеству возврата. Это условие важно для получения агломерата с постоянными свойствами.

Дозировка агломерационной шихты существующими дозирочными столами с тарельчатыми питателями является, безусловно, более точной, чем дозировка вагон-весами. Поэтому желательно, чтобы основная дозировка производилась на агломерационной фабрике. И все же существующая объемная дозировка компонентов агломерационной шихты с периодическим контрольным взвешиванием имеет следующие недостатки:

а) часто нарушается по разным причинам состав материалов в бункерах, отсутствуют регулярная весовая проверка дозировки и градуировка величины подъема задвижки на тарельчатом питателе;

б) шихтовка ведется только по постоянству железа, при этом допускаются большие колебания по другим показателям, что приводит к непостоянству условий спекания и значительным колебаниям физико-химических свойств агломерата;

в) не уделяется необходимое внимание постоянству шихты по крупности (помолам топлива, известняка и фракционному составу возврата), а также постоянному уровню за-

полнения шихтовых бункеров для устранения сегрегации* материалов в бункерах.

В настоящее время необходимо ускорить проводимые опытные работы по автоматической весовой дозировке компонентов агломерационной шихты. Это позволит значительно улучшить качество агломерата, постоянство его состава и увеличить производительность агломерационных машин.

Окончательной стадией агломерации является, как известно, процесс спекания.

Изменить качество агломерата при его спекании на агломерационной машине уже невозможно. Ошибка, допущенная при дозировке шихты, не может быть исправлена в последующей технологической цепи.

Опыт работы показал, что основной недостаток, присущий в той или иной мере всем агломерационным фабрикам, — это недопекание шихты по высоте слоя. Показателем полноты спекания шихты до колосников является содержание углерода в возврате и температура отходящих продуктов горения. При хорошем спекании содержание углерода в возврате не должно превышать 0,5—0,6%, а на агломерационных фабриках Юга оно доходит до 1% и более. Недопекание шихты ухудшает качество агломерата, снижает производительность агломерационных машин, ухудшает качество возврата вследствие попадания в него неспеченной шихты. Введение такого возврата недостаточно подогревает

* Сегрегация — распределение материала по углу естественного откоса

агломерационную шихту и ухудшает ее газопроницаемость. Применяемые методы контроля по излому пирога в хвостовой части агломерационной машины являются несовершенными, так как непрерывно наблюдать за изломом пирога невозможно.

Для правильной оценки полноты спекания шихты процесс спекания следует автоматизировать. В этом случае скорость движения агломерационной машины будет устанавливаться в зависимости от температуры отходящих продуктов горения. В настоящее время на многих агломерационных фабриках, в том числе и фабриках Донецкого совнархоза процесс спекания автоматизируют. Эти работы нужно выполнять одновременно с автоматизацией загрузки и распределения шихты в бункерах над агломерационными машинами, что позволит комплексно автоматизировать процесс спекания агломерата.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Процесс спекания можно интенсифицировать двумя путями: ускорением реакции горения углерода и шлакообразования в зоне спекания и изменением вакуумного и воздушного режимов спекания.

К технологическим ускорителям процесса агломерации следует отнести в первую очередь флюсующие добавки и особенно известь. Спекание руд совместно с флюсами сильно снижает температуру их размягчения вслед-

ствие образования ферритов кальция. Известно, что агломерационная руда рудника «Ингулец» спекается хуже других руд и размягчается в интервале температур 1380—1420°C. Добавка же к этой руде 12% окиси кальция снижает температуру до 1175—1220°C. Аналогичная картина наблюдается при добавке извести и к другим рудам. В результате снижения температуры размягчения руд при производстве офлюсованного агломерата уменьшился расход кокса, а, следовательно, и количество фаялита в агломерате, и увеличилась его восстановимость.

Наиболее сильным интенсификатором является известь, которая при гашении сильно увеличивается в объеме, выделяет много тепла, способствует лучшему окомкованию шихты и повышению ее газопроницаемости. При добавке 2% извести производительность агломерационных машин возрастает на 10—13%. Дальнейшее увеличение извести интенсифицирует процесс незначительно, однако, улучшает качество агломерата, так как она хорошо усваивается шихтой. Поэтому в шихту желательно вводить как можно больше извести, вплоть до полной замены ею известняка.

В 1961 г. расход извести на агломерационных фабриках Макеевского металлургического завода был равен 60 кг/т, Енакиевского — 33 кг/т и «Азовсталь» — 25 кг/т. Несмотря на более низкий расход извести на заводе «Азовсталь» высокая интенсификация процесса спекания здесь достигается за счет ввода в агломерационную шихту горячего возврата.

На Макеевском и Енакиевском металлургических заводах в технологических потоках агломерационных фабрик работают машины ОПР, обжигающие известняк. Производительность каждой машины составляет 230—250 т извести в сутки при степени обжига 70%. Известь выдается с машины при температуре более 700°C, что позволяет подогреть шихту и дополнительно интенсифицировать агломерационный процесс.

Ускорить процесс агломерации можно также повышая вакуум и увеличивая количество просасываемого через шихту воздуха. Это было осуществлено на агломерационных фабриках Макеевского металлургического завода и завода «Азовсталь».

В 1961 г. на аглофабриках Донецкого совнархоза закончили реконструкцию всех агломерационных машин с увеличением их площади спекания на 25%.

Реконструкция проводилась во время капитальных ремонтов. Были установлены расширенные на полметра палеты, частично реконструированы загрузочная часть, барабанный питатель шихты и зажигальный горн. Это позволило увеличить валовую производительность агломерационных машин при том же эксгаустере Д-3500-13 на 7—8%. Однако удельная производительность снизилась с 1,68 до 1,5 т/м² × час вследствие уменьшения количества просасываемого воздуха через 1 м² площади спекания с 70 м³ до 56 м³. Чтобы увеличить количество просасываемого воздуха через слой шихты и еще больше увеличить производительность реконструированных

машин, существующие эксгаустеры были заменены более мощными Д-6500-1. Количество просасываемого воздуха через 1 м^2 возросло до $100 \text{ м}^3/\text{мин}$, а удельная производительность агломерационной машины увеличилась до $1,72 \text{ т}/\text{м}^2 \times \text{час}$. Производительность реконструированных машин возросла на 25—30%, то есть пропорционально увеличению площади их спекания. В 1961 г. новые эксгаустеры были установлены на агломерационных машинах Макеевского металлургического завода и завода «Азовсталь». Годовой прирост производства агломерата в результате модернизации всех агломерационных машин будет равен производительности трех новых агломерационных машин.

После установки эксгаустеров производительностью $6500 \text{ м}^3/\text{мин}$ значительно увеличилось количество отсасываемых продуктов горения, а вместе с ними и мелких частиц пыли. Поэтому для более эффективного их улавливания и увеличения срока службы роторов необходимо перед существующими мультициклонами установить дополнительные скрубберы. Опыт работы агломерационной фабрики Макеевского металлургического завода показал, что стойкость роторов на обычных мультициклонах Б-288 не превышает шести месяцев. На заводе «Азовсталь» такие мультициклоны были заменены более мощными (Б-540). Это позволило увеличить срок службы роторов до 1,5 лет.

Так как доля концентрата в агломерационной шихте будет возрастать, нужно улучшать условия ее окомкования для увеличения

газопроницаемости шихты. Если габариты помещения не позволяют установить чашевый гранулятор, диаметр которого доходит до 5 м, нужно удлинить барабанные смесители, в которых процесс окомкования улучшается. Однако при высоком содержании концентрата в шихте будет неизбежно уменьшаться удельная производительность агломерационных машин. Поэтому необходимо не только модернизировать действующие агрегаты и совершенствовать технологию, но и строить новые агломерационные фабрики.

ПОДГОТОВКА АГЛОМЕРАТА К ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ

На большинстве агломерационных фабрик Советского Союза разгружаемый с машины агломерат разламывается на куски в одновалковой зубчатой дробилке и затем отделяется от мелочи на неподвижном колосниковом грохоте. Из-за плохого отсева мелочи на этих грохотах и случающегося недопекания шихты готовый продукт содержит 15—20%, а иногда и 25—30% мелочи размером 5—0 мм.

Отсеваемый на колосниковом грохоте агломерат крупностью 20—0 мм направляют в возврат и смешивают его с шихтой. Таким образом, в агломерационную шихту попадает агломерат крупностью 20—5 мм, который целесообразно отправлять в доменный цех.

В Советском Союзе агломерат с агломерационных фабрик доставляют в бункера доменных печей, как правило, при температуре

600—700°C. Только на Череповецком и Коммунарском металлургических заводах агломерат перед окончательной сортировкой охлаждают в кольцевых охладителях. Применение такого агломерата позволяет улучшить условия труда в подбункерном помещении доменного цеха, облегчить работу оборудования и применить для доставки агломерата обычные резиновые транспортеры.

Агломерат можно охлаждать воздухом на агломерационной машине или на специальном охладителе.

При охлаждении агломерата на машине процесс спекания заканчивается не в хвостовой части, а значительно раньше. Готовый продукт, проходя над последними вакуум-камерами, охлаждается просасываемым воздухом. Этот способ применяется на некоторых фабриках США. Основным недостатком охлаждения на агломерационной машине является уменьшение ее производительности соответственно площади вакуум-камер, выделенных для охлаждения, и получение окисленного агломерата с пониженной прочностью.

Установлено, что интенсивность охлаждения агломерата воздухом на агломерационной машине составляет в среднем 55—60°C в минуту. Это значит, что для того, чтобы охладить агломерат с 700°C хотя бы до 200—250°C, потребуется около 7—8 мин. На машине, имеющей, например, площадь спекания 50 м² и скорость спекания 2 м/мин, для охлаждения необходимо выделить восемь вакуум-камер, что уменьшит производительность примерно на 65%. При этом наиболь-

шее количество воздуха пойдет по пути наименьшего сопротивления, то есть на участок уже готового агломерата, снижая вертикальную скорость там, где спекание еще не закончилось.

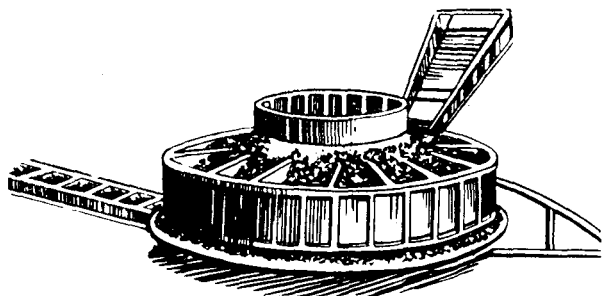


Рис. 1. Кольцевой охладитель агломерата.

На новых агломерационных машинах агломерат охлаждают на специальных охладителях (кольцевых или линейных) с принудительным прососом воздуха. Охладители кольцевого типа установлены на агломерационных фабриках Череповецкого металлургического завода и Коммунарского. Они представляют собой вращающийся кольцевой бункер (рис. 1) диаметром 18 м, разделенный на ряд отсеков. Емкость охладителя равна 400 м³, он вмещает до 450 т агломерата. В результате вращения охладителя агломерат постепенно опускается и, дойдя до дна бункера—тарелки, сбрасывается неподвижным ножом на пластинчатый транспортер, который подает материал на виброгрохоты для

отсева мелочи. Опыт работы показал, что агломерат в чашевых охладителях измельчается и не охлаждается до необходимой температуры. Так, на Череповецком металлургическом заводе содержание мелочи фракции 5—0 мм в агломерате перед охладителями составляет 5—6%, а после охладителей — 9—10%.

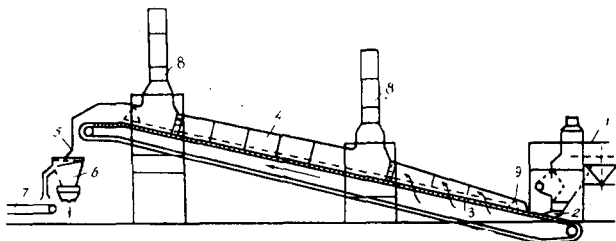


Рис. 2. Схема охладителя ленточного типа: 1 — разгрузочный конец агломерационной машины; 2 — питатель для агломерата; 3 — пластинчатый транспортер охладителя; 4 — кожух; 5 — разгрузочная течка; 6 — грохоты для агломерата; 7 — транспортер для охлажденного агломерата; 8 — вентиляторы; 9 — затвор.

Охладители ленточного типа (рис. 2) представляют собой металлический пластинчатый транспортер длиной 40—50 м со щелями, заключенный в металлический кожух. Выдаваемый с машины агломерат ложится на охладитель тонким слоем и, охлаждаясь просасываемым воздухом, подается на аглосортировку. Преимущество этого охладителя в том, что он не измельчает агломерат. Транспортер делают наклонным, что позволяет

уменьшить высоту агломерационной фабрики.

Агломерат следует подвергать двухкратной сортировке. Сначала на стационарных или вибрационных грохотах необходимо выделить мелочь фракции 12—0 мм, затем после охлаждения на ленточных охладителях до температуры 80—90°C вторично отсортировать на вибрационных грохотах для выделения мелочи фракции 5—0 мм. В этом случае содержание мелочи в агломерате не будет превышать 3—4%. Чтобы сохранить прочность агломерата и предотвратить измельчение, сортировать его второй раз следует непосредственно у доменной печи. Если осуществить это невозможно, необходимо, чтобы перепад высоты от сортировки до уровня бункерной эстакады доменного цеха был бы минимальным с минимально возможным количеством перевалок и перепадов агломерата.

В настоящее время все агломерационные фабрики Украины производят офлюсованный агломерат со степенью основности 0,9—1,15. Основной сырьевой источник—агломерационные руды и железистые концентраты Криворожского месторождения. Это позволяет сравнивать показатели работы агломерационных фабрик (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что самая высокая производительность агломерационных машин — на заводе «Азовсталь». Это объясняется следующими факторами:

1. На агломерационной фабрике этого завода применяемая коксовая мелочь содержит не ниже 91—92%, а известняк—в сред-

Таблица 1

Сравнение технико-экономических показателей работы агломерационных фабрик за 1961 г.

Металлургические заводы	Часовая производительность с 1 м ² в номин. час, т	Основность агломерата	Текущие простои, %	Расход на 1 т агломерата, кг								
				железной руды	концентрата	колошниковой пыли	пиритных огарков	окалны	марганцевой руды	известняка	известн	топлива
Макеевский	1,64	1,13	2,05	665	165	81	3	3	30	244	21*	80
Енакиевский	1,57	0,84	0,5	757	144	50	6	3	—	208	8*	78
«Азовсталь»	1,95	1,05	0,79	640	203	99	6	—	—	234	25	67
«Запорожсталь»	1,82	1,11	1,64	566	273	62	5	—	28	245	40	77
Имени Дзержинского	1,50	1,0	1,30	496	315	144	1	4	9	170	46	56
«Криворож-сталь»	1,58	1,1	1,37	486	326	72	2	16	69	261	21	68

* Указан расход известн. поступающий со стороны, без учета производства ее на машинах ОПР.

нем 98% фракции 3—0 мм, в то время как на Макеевском и Енакиевском металлургических заводах эти материалы имеют соответственно 89% и 96—97% мелочи той же фракции.

2. В шихту добавляют горячий возврат, который ускоряет процесс спекания агломерата.

3. Количество образующегося возврата на заводе «Азовсталь» на 5—7% ниже, чем на заводах Макеевском и Енакиевском.

4. Состояние оборудования и в первую очередь плотность гидроуплотнений и газового тракта здесь лучше, чем на других заводах.

5. Используемая в агломерационной шихте известь фракции 10—0 мм содержит 90 и более процентов окиси кальция. Известь же, получаемая на машинах ОПР на Макеевском, Енакиевском и других заводах, содержит окиси кальция не более 70%. Кроме того, на заводе «Азовсталь» перемешанную с известью влажную руду подают в шихтовые бункера и выдерживают там до трех часов, после чего она в процессе спекания полностью реагирует с другими компонентами шихты.

Важным резервом увеличения производства агломерата и снижения стоимости передела является сокращение простоев аглолент. Однако эти простои на Макеевском заводе в 2,6 раза выше, чем на заводе «Азовсталь» и в четыре раза больше, чем на Енакиевском заводе. Такие простои вызваны нарушениями технологической дисциплины, неудовлетворительным уходом за оборудованием, а так-

же некачественным проведением профилактических ремонтов. Если бы процент простоев на Макеевском заводе снизить до плановых норм, это позволило бы получить дополнительно десятки тысяч тонн агломерата в год.

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА АГЛОМЕРАЦИОННЫХ ФАБРИКАХ

В связи с использованием на агломерационных фабриках мелкой руды, известняка, кокса и других материалов и дроблением их образуется очень много пыли, особенно на участке разгрузки агломерата и узле возврата.

Никакие вентиляционные установки не смогут уловить всю пыль, если не вести борьбы с источниками и причинами ее образования. Так при недопекании шихты до колосников не только снижается производительность агломерационных машин и ухудшается качество агломерата, но и увеличивается пылеобразование. Кроме того, в результате попадания неспекшейся шихты в возврат значительно ухудшаются условия труда на этом участке. Поэтому необходимо категорически запретить недопекание агломерата. Всю образующуюся пыль в хвостовой части нужно засасывать на саму машину, для чего хвостовую часть и треть машины следует закрыть кожухом.

Улучшению условий труда на агломерационных фабриках Донецкого совнархоза сейчас уделяется много внимания. Так, пыль из

мультициклонов на металлургических заводах Макеевском и «Азовсталь» удаляют гидравлическим способом, что значительно облегчает и улучшает условия работы на узле возврата. Кроме того, для уменьшения пылеобразования применяют дождевание и увлажнение шихтовых материалов по всему технологическому циклу. На металлургических заводах «Запорожсталь» и Макеевском в корпуса молотковых дробилок подводят воду, что значительно уменьшает количество пыли по всему известковому циклу.

Можно значительно улучшить условия труда, если уменьшить образование паров при транспортировке горячих материалов. На агломерационных фабриках Магнитогорского металлургического комбината количество водяных паров уменьшают, подавая на материалы нагретый воздух.

Для дальнейшего улучшения условий труда и уменьшения загрязненности атмосферы проектные институты проводят сейчас работы по применению пневматического транспорта для горячих и пылящих материалов и по очистке газов в электрофильтрах.

ПРОИЗВОДСТВО ОКАТЫШЕЙ

Известно, что спекание концентратов обычным способом на существующих агломерационных машинах протекает весьма медленно. Это значительно ухудшает технико-экономические показатели работы машин.

В последние 10—13 лет в США, Швеции

и Канаде тонкоизмельченные концентраты начали окомковывать, а затем обжигать, превращая их в комочки шарообразной формы—окатыши (рис. 3).

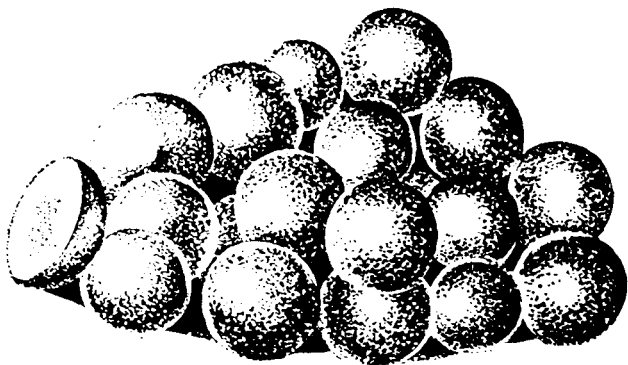


Рис. 3. Обожженные окатыши.

Офлюсованные окатыши являются хорошим сырьем для доменных печей. Они позволяют значительно улучшить условия распределения шихты в печи, увеличить поверхность контакта восстановительных газов с шихтовыми материалами и повысить производительность печи.

Наиболее легко окомковывать концентраты с высокой степенью измельчения. Так, концентраты, применяемые в США и Швеции, содержат 80% фракции 0,06—0 мм. Опыты, проведенные в Советском Союзе, позволили установить, что для производства окатышей следует использовать концентраты, содержащие не менее 90% фракции 0,05—0 мм.

Оптимальное содержание влаги в концентрате перед окомкованием обычно составляет 8,5—9,5% и зависит от природы руды. Отклонения от заданного значения влажности не должны превышать $\pm 0,25\%$.

Для окомкования концентратов обычно применяют вращающиеся барабаны и вращающиеся наклонные чаши. Производительность барабана и качество полученных комков зависят в основном от размера и степени заполнения барабана, его наклона, окружной скорости, размера комков и влажности концентрата. В Бадосе (Швеция) при получении комков диаметром 32 мм производительность барабана диаметром 1220 мм составляет около 120 т/сутки. В США производительность барабана диаметром 2440 мм при получении комков диаметром 22 мм составляет 250 т/сутки. Длина барабана обычно в 2,5—3,0 раза больше его диаметра. Барабан должен быть наклонен на 2—3,5° к горизонтали.

Влажные тонкоизмельченные концентраты обычно налипают на стенки барабана; чтобы этого не происходило, в барабане устанавливают скребки.

В США окомкование применяется как способ окускования концентратов для доменной плавки. Размер комков обычно составляет 22 мм. В Швеции из комков получают губчатое железо в шахтных печах Виберга. Так как в этих печах стремятся добиться высокой газопроницаемости материалов, размер комков доводят до 32 мм. Получающиеся в барабане комки поступают на грохот, где от них отделяют некондиционные по

крупности и направляют вновь в барабан. Для выделения кондиционных по крупности комков целесообразно применять качающиеся или барабанные грохоты.

При окомковании материалов в наклонной чаше крупные комки в результате сегрегации концентрируются у края, а мелкие располагаются ближе к центру. Таким образом, в разгрузку идут в основном только крупные комки, что позволяет обходиться без последующей сортировки их по крупности. Применяемые в настоящее время в Швеции и Канаде чаши имеют диаметр 3,6—5 м, окружную скорость 30—90 м/мин и производительность (в зависимости от типа сырья) 3—25 т/м² в сутки.

При окомковании в чаше комки можно покрыть мелким коксом. Кондиционные по крупности комки поступают после грохота в печь для обжига. Они должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать транспортировку насыпью и загрузку в печь для обжига. При падении с высоты 1 м они не должны растрескиваться и заметно сплющиваться, а при загрузке в печь для обжига— не растрескиваться при быстром повышении температуры.

В нашей стране и за рубежом для улучшения прочности комков испытаны следующие добавки: бентонит, окись кальция, хлористый кальций, хлористый натрий, бура, тонкоизмельченная обычная глина, зола горючих сланцев и др. Установлено, что добавка 0,25% бентонита заметно повышает качество как сырых, так и обожженных комков, зна-

чительно увеличивает сопротивление их рас- трескиванию. Добавка в концентрат окиси кальция не только улучшает механическую прочность комков, но и способствует их оф- люсованию. Перед окомкованием концентрат необходимо хорошо перемешать с известью и выдержать в течение 1—2 час., чтобы она полностью загасилась. Добавки обычно дают на слой концентрата перед поступлением его в барабан для окомкования.

В промышленных условиях комки обжи- гают в шахтных печах круглого и прямо- угольного сечения. В последнее время пред- почтение отдается прямоугольным печам, в которые легче равномерно загружать сырые комки. Кроме того, ремонтировать такой агрегат значительно проще, чем печь круг- лого сечения.

Основным условием успешного обжига комков является равномерное распределение тепла по сечению печи, а следовательно, и равномерная загрузка однородных по круп- ности комков. Мелочь ухудшает равномер- ность распределения тепла по сечению печи. Опытным путем установлено, что ширина пе- чи не должна превышать 1,8 м. Длина печи ограничивается условиями равномерной за- грузки и выгрузки комков.

Температура обжига колеблется в до- вольно широких пределах в зависимости от свойств концентрата. При обжиге некоторых богатых концентратов температуру обжига можно повышать до 1300—1350°С, не опа- саясь спекания комков между собой; при об- жиге концентратов с низкой температурой

размягчения температура обжига не должна превышать 1150°C . В нижней части печи устанавливают специальный ломатель для разламывания спекшихся между собой комков.

Производительность печей зависит от качества обожженных комков. Так, например, в Швеции, где получают сильно обожженные прочные комки диаметром 32 мм, производительность печей равна $27\text{--}32 \text{ т/м}^2 \times \text{сутки}$. В США при обжиге комков диаметром 22 мм производительность составляет $50\text{--}55 \text{ т/м}^2 \times \text{сутки}$.

В настоящее время в Советском Союзе (на Южном горнообогатительном комбинате) изыскиваются способы обжига комков на агломерационных машинах.

Неофлюсованные комки, производимые в США и Швеции, не лучше офлюсованного агломерата. Окатыши, офлюсованные до степени, позволяющей полностью вывести сырой известняк из доменной шихты, явятся наилучшим сырьем для выплавки чугуна и позволят значительно улучшить технико-экономические показатели доменной плавки. Они — серьезный конкурент агломерата.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение	3
Агломерация железных руд	5
Исходные материалы для агломерации	7
Подготовка сырых материалов	9
Спекание с переменным содержанием топлива в слое шихты и применением нагретого воз- духа	14
Дозировка шихты и спекание агломерата	15
Интенсификация агломерационного процесса	18
Подготовка агломерата к доменной плавке	22
Улучшение условий труда на агломерационных фабриках	29
Производство окатышей	30

Вишневецкий Александр Матвеевич

НОВЫЕ СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ РУД К ПЛАВКЕ

Редактор В. П. Василенко
Художественный редактор В. Г. Калиманов
Технический редактор А. В. Самолетова
Корректор М. М. Четверус

БП 04885. Сдано в набор 14.V-62 г. Подписано к печати
9.VIII-62 г. Формат бумаги 70×90¹/₃₂. Бум. л. 0,562.
Печ. л. 1,316. Уч.-изд. л. 1,41. Заказ № 129.
Тираж 1700 экз. Цена 4 коп.

г. Донецк, областная книжная типография,
Пастуховская, 26.

Цена 4 коп.

Б
3520

113