

Г.А.Колобов, Ю.В.Поплавский⁽¹⁾, И.Г.Парфенюк⁽¹⁾, В.В.Шкляр⁽¹⁾, В.В.Криворучко⁽¹⁾

О ПОДГОТОВКЕ ИЛЬМЕНИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ К ПЛАВКЕ

⁽¹⁾*Государственный научно-исследовательский и проектный институт титана,
Запорожская государственная инженерная академия*

Досліджено способи підготовки пиловидних ільменитових концентратів до плавки шляхом брикетування та окатування з використанням як в'язучого бентоніту.

Исследованы способы подготовки пылевидных ильменитовых концентратов к плавке путем брикетирования и окатывания с использованием в качестве связующего бентонита.

Введение. Производство металлического титана основано на металлотермическом восстановлении (магнием или натрием) тетрахлорида титана, получаемого при хлорировании титановых шлаков.

Использование непосредственно титансодержащих концентратов для хлорирования нецелесообразно из-за большого расхода хлора на образование не имеющего сбыта хлорного железа, значительного осложнения самого процесса хлорирования и низкого качества тетрахлорида титана [1].

Для разделения оксидов титана, железа и других примесных элементов, входящих в состав титановых концентратов, в промышленном масштабе используется восстановительная рудотермическая электроплавка, в результате которой большая часть оксидов железа восстанавливается до металла, а оксиды титана и часть примесных элементов переходят в шлак.

Преимущество рудотермической электроплавки по сравнению с термомеханическими способами переработки титановых концентратов заключается в возможности осуществления процесса в агрегатах большой единичной мощности и производительности с получением двух товарных продуктов: высокотитанового шлака и попутно получаемого металла. Кроме того, для некоторых видов коллективных титановых концентратов такая плавка является пока единственным эффективным способом разделения оксидов титана и железа [2].

В качестве исходного сырья для производства титанового шлака в основном используется ильменитовый концентрат, получаемый обогащением руд россыпных или коренных месторождений. Обогащение руд россыпных месторождений, образовавшихся под воздействием экзогенных процессов разрушения горных пород, производится сравнительно легко, так как не требует предварительного дробления или измельчения. Обогащение руд коренных месторождений, в отличие от россыпных, предусматривает процессы дробления и измельчения. Результатом такой существенной разницы в процессах обогащения различных типов руд является значительное отличие фракционных составов полученных титансодержащих концентратов.

В связи с выработкой россыпных месторождений все большее количество титанового шлака будет производиться из концентратов коренных месторождений. Степень измельчения при обогащении руд коренных месторождений будет увеличиваться по мере разработки более бедных месторождений. Фракционный состав титансодержащих концентратов коренных руд уже на сегодняшний день ближе к пыли, уловленной в циклонах рудно-термических печей, чем к концентратам россыпных месторождений. Очевидно, что использование такого сырья для плавки в рудно-термических печах без предварительной подготовки нерационально, так как приведет к значительному увеличению пылеуноса.

Постановка задачи. Известны три способа подготовки пылевидного сырья для плавки путем окускования: агломерация, грануляция и брикетирование [1]. Нами будут рассматриваться лишь два последних процесса. Агломерация ставит перед собой более широкие задачи, чем простое окускование рудных материалов, а потому требует более сложного аппаратно-технологического оформления не только агломерационной цепочки, но и всех смежных линий процесса получения титанового шлака в рудно-термических печах. При устоявшейся технологии производства переход на агломерирование шихты ни в коей мере не оправдан, тем более, что какие-либо существенные преимущества работы рудно-термических печей на агломерированной шихте отсутствуют. Технологии грануляции и брикетирования более просты и дешевы в исполнении, переход на них существующих производств более эффективен.

Представленное исследование рассматривает процессы окомкования и брикетирования исключительно как способы окускования пылевидных материалов, поэтому состав окатышей и брикетов представлен всего двумя компонентами – концентратом и связующим – бентонитом.

Из всего разнообразия связующих как органического, так и неорганического происхождения предпочтение, оказанное бентониту, объясняется низким содержанием в нем серы, отсутствием в составе летучих и смол, небольшим количеством его добавок к массе концентрата, а также низкой стоимостью. Бентонитом принято называть глину, содержащую не менее 70% минерала группы монтмориллонита – $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 3H_2O$. Монтмориллонит представляет собой слоистый высокодисперсный алюмосиликат, в котором за счет нестехиометрических замещений катионов кристаллической решетки появляется избыточный отрицательный заряд, который компенсируют обменные катионы, расположенные в межслоевом пространстве. Этим обусловлена высокая гидрофильность бентонита.

Целью данного исследования является выбор способа подготовки ильменитового концентрата к плавке в рудно-термических печах.

Методика исследований. В качестве исходного материала использовали ильменитовый концентрат, содержащий 46% фракции -0,063 мм. На основе данного концентрата были изготовлены партии окатышей и брикетов с использованием в качестве связующего бентонита.

Получение окатышей производили на лабораторном окомкователе. Доли фракции - 0,063 мм, равной 46%, оказалось недостаточно для формирования окатышей, поэтому перед окомкованием концентрат дополнительно измельчали в лабораторной мельнице с целью увеличения доли фракции – 0,063 мм до 75%. Бентонит вводили в сухом виде, предварительно смешав его с измельченным концентратом, а воду подавали непосредственно в окомкователь. При соблюдении вышеперечисленных параметров получаемые сырые окатыши обладали правильной формой, имели удовлетворительную прочность, размер их составлял от 10 до 20 мм (для исследований использовали окатыши диаметром 16 мм).

Процесс получения брикетов менее требователен к фракционному составу исходного сырья, поэтому брикеты изготавливали из исходного концентрата. Для получения брикетов использовали лабораторный двуручевой валковый брикет-пресс. Полученные брикеты размерами 30 x 25 x 15 мм также обладали удовлетворительной прочностью.

На следующем этапе исследований полученные партии окатышей и брикетов для уменьшения содержания влаги и увеличения прочности подвергали сушке в сушильном шкафу при температуре 160 °С в течение 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 ч.

Далее просушенные окатыши и брикеты подвергали прокатке в печи при температурах 500, 600 и 700 °С в течение 1, 2 и 3 ч, а после остывания определяли их прочность на лабораторном гидравлическом прессе.

Результаты исследований. Результаты сушки показали, что влажность как окатышей так и брикетов практически не изменяется уже после выдержки в течение 1 ч. Влажность

брикетов составила 5%, в то время как влажность окатышей – около 8,5%. Прочность брикетов, просушенных при температуре 160 °С в течение 1 ч составила 5,6 кг/брикет, прочность окатышей, просушенных при тех же условиях, – 8,4 кг/окатыш.

Результаты определения прочности прокаленных брикетов и окатышей на раздавливание представлены в табл.1 и 2.

Таблица 1 – Прочность брикетов, МПа, в зависимости от температуры и времени обжига

Температура обжига, °С	Длительность прокали, ч		
	1,0	2,0	3,0
500	6,9	12,8	17,6
600	10,8	16,7	23,5
700	33,3	46,1	49,0

Таблица 2 – Прочность окатышей, МПа, в зависимости от температуры и времени обжига

Температура обжига, °С	Длительность прокали, ч		
	1,0	2,0	3,0
500	9,8	11,8	13,7
600	15,7	20,6	21,6
700	22,6	31,4	44,1

Из данных представленных в табл.1 видно, что обжиг при температурах 500 и 600 °С незначительно повышает прочность брикетов. В большей степени на прочность брикетов влияет обжиг при температуре 700 °С, увеличивая их прочность до 33,3 МПа за 1 ч, до 46,1 МПа за 2 ч и до 49 МПа за 3 ч.

Из табл.2 видно, что обжиг при температуре 500 °С практически не увеличивает прочность окатышей, а обжиг при температуре 600 °С повышает ее незначительно. Наиболее эффективным является обжиг при температуре 700 °С, увеличивающий прочность окатышей до 22,6 МПа за 1 ч, до 31,4 МПа за 2 ч и до 44,1 МПа за 3 ч.

Таким образом, в обоих случаях с увеличением продолжительности обжига прочность материала возрастает. Обжиг при температуре 700 °С в наибольшей степени способствует повышению прочности и незначительно увеличивает ее при температурах 500 и 600 °С.

Обсуждение результатов. Высокая влажность окатышей по сравнению с брикетами объясняется большей удельной поверхностью мелкодисперсного материала окатышей и, соответственно, большим влиянием силы поверхностного натяжения воды на процесс формирования окатышей. Это требует повышенного расхода воды, в отличие от брикетов, где формирование происходит под действием принудительного механического сжатия, менее зависящего от физических свойств воды.

Как видно из данных, приведенных в табл.1 и 2, прочность окатышей и брикетов на бентоните равномерно возрастает с увеличением времени прокали во всем интервале исследуемых температур. Брикет, прокаленный при температуре 700 °С, имеет прочность более чем в два раза превышающую прочность брикетов, прокаленных при температуре 500 и 600 °С. То же самое относится и к окатышам. Это явление можно объяснить тем, что температура начала твердофазного (диффузионного) спекания для использованной бентонитовой глины, химический состав которой близок к составу огнеупорных глин, составляет около 700 °С.

Несмотря на то, что прочность окатышей после сушки выше прочности брикетов в 1,5 раза (8,2 и 5,5 МПа соответственно), при обжиге прочность брикетов с увеличением его продолжительности и, особенно, температуры возрастает более интенсивно. Результатом этого является увеличенная прочность брикетов, прокаленных при температуре 700 °С, по сравнению с прочностью окатышей, прокаленных при той же температуре. Это объясняется, по-видимому, тем, что брикет получают за счет принудительного сжатия, которое облегчает развитие начальной стадии твердофазного спекания, причем с увеличением температуры обжига влияние принудительного сжатия возрастает.

Прочность брикетов и окатышей, обеспечивающая нормальный ход плавки в электропечи, должна быть не менее 24,5...29,4 МПа [3].

На заключительном этапе исследований были проведены серии плавки на экспериментальной рудно-термической печи с использованием в качестве шихтовых материалов брикетов на бентоните и порошковой шихты с параллельным проведением пылегазовых замеров.

Использование брикетированной шихты позволяет вести плавку с более высокими показателями силы тока, в результате чего продолжительность процесса сокращается на 13,8% по сравнению с плавкой на порошковой шихте. Результаты пылегазовых замеров показали, что пылеунос при использовании брикетированной шихты на 9% ниже, чем при использовании порошковой шихты. Ожидается, что в промышленных условиях снижение пылеуноса позволит не только повысить сроки эксплуатации пылеулавливающего оборудования, но и увеличить производительность рудно-термической печи.

Выводы.

1. Исходный ильменитовый концентрат с долей фракции -0,063 мм, составляющей 46%, является сырьем, не требующим предварительной подготовки для получения брикетов. Для получения окатышей из исходного концентрата необходимо повысить долю фракции - 0,063 мм до 75%.

2. При использовании в качестве связующего бентонитовой глины влажность брикетов составляет 5%, окатышей – 8,5%. Достаточное время сушки брикетов и окатышей при температуре 160 °С составляет 1 ч.

3. По показателям прочности брикеты, связующим в которых являлся бентонит, можно использовать в качестве шихты для плавки в рудно-термических печах лишь после обжига при температуре 700 °С, при этом его продолжительность должна составлять не менее 1 ч.

4. Окатыши, связующим в которых также являлся бентонит, можно использовать в качестве шихты для плавки в рудотермической печи лишь после обжига при температуре 700 °С в течение не менее 2 ч.

5. С позиций подготовки шихты большими преимуществами обладают брикеты: не требуется дополнительное измельчение концентрата, они обладают большей прочностью после обжига по сравнению с окатышами, в сыром виде содержат меньшее количество воды, что снизит расход энергии на ее испарение на переделе сушки.

6. При использовании брикетов, по сравнению с порошковой шихтой, время плавки сокращается на 13,8%, а пылеунос – на 9%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов С. И. Электротермия титановых шлаков. - М.: Металлургия, 1970. - 168 с.
2. Гармата В.А., Петрунько А.Н., Галицкий Н.В. и др. Титан. - М.: Металлургия, 1983. - 559 с.
3. Равич Б.М. Брикетирование в цветной и черной металлургии. - М.: Металлургия, 1975. - 232 с.

Стаття надійшла до редакції 01.12.2008 р.
Рецензент, проф. М.Ю.Пазюк