

УДК 669.046.058 В.В.ОЖОГИН, к.т.н. (Приазовский государственный
технический университет)

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОФЛЮСА НА ОСНОВЕ БРИКЕТИРОВАННОГО ОТСЕВА МЕЛА

Кислородно-конвертерный процесс предъявляет высокие требования к качеству подготовки шихты. Небольшая длительность продувки требует быстрого растворения твердых материалов и наведения шлаков. Обычная известь, используемая в качестве флюса, не успевает полностью раствориться, что приводит к ее перерасходу.

Эти условия могут быть обеспечены использованием железофлюса. Однако его массовое производство из традиционных материалов затруднено сложностью получения материала нужного качества [1]. В частности, известен способ получения ожелезненной извести, включающий дробление природного известняка до фракции менее 15 мм, смешивание с ожелезнителем в количестве 3,9-5,3 % и топливом (коксом) в количестве 13 %, укладку на аглоленту и спекание. В качестве ожелезнителя используют крупный аглошлам [2].

Способ производителен, однако недостаточно эффективен. Так, при спекании имеет место значительный вынос мелких фракций. Небольшое количество ожелезнителя, относительно крупный размер известняка и малая длительность спекания не позволяют получить однородный материал. Наличие внутри гранул железофлюса “беляков”, т. е. не связанной окислами железа извести, приводит к их разрушению при хранении. Флюс содержит много мелочи, что снижает его эффективность.

Получение ожелезненной извести осуществляют и сухим способом. Твердые карбонатные породы (известняки) дробят до требуемой фракции и направляют во вращающуюся печь для обжига. Туда же подают ожелезнитель, который при вращении печи накатывается на поверхность обжигаемого материала [3].

Несмотря на высокую производительность, данный способ не позволяет эффективно перерабатывать измельченные материалы, так как во вращающейся

печи имеет место большой вынос мелких фракций. Отмечаются и значительные колебания содержания железа в продукте. Нередко в печи происходит образование кольцевых настывлей, приводящих к нестабильной работе.

Известен также опыт получения однородного железоблюса в виде брикетов, однако такие брикеты при их использовании в сталеплавильном агрегате забирают много тепла на обжиг, что не всегда целесообразно [4-6].

Таким образом, основным препятствием, сдерживающим применение железоблюса, является сложность получения материала однородного состава. Это вызвано особенностями введения ожезнетителя в гранулы извести, при котором ожезнетитель наносится на поверхность гранул, плохо проникая внутрь. Так, при производстве железоблюса жидкие фазы, включающие оксиды железа, проникают в частицы извести на глубину 3-12 мм [7]. Крупный размер гранул не обеспечивает однородный состав железоблюса, увеличивает время его получения и снижает однородность. При обжиге размягчившийся ожезнетитель, находясь на поверхности гранул, вызывает их слипание и налипание на стенки оборудования.

Целью исследования является выбор наиболее простого и эффективного способа получения железоблюса с использованием как новых, так и традиционных исходных компонентов и условий их обработки, обеспечивающего высокую однородность и удовлетворительную стойкость при хранении.

Вышеуказанный недостаток может быть устранен использованием пористых флюсующих материалов, небольшим размером гранул и однородностью материала. В качестве флюсующего компонента может быть использован отсев мела, т. е. меловая крошка, образующаяся в значительных количествах при добыче мела, промышленные запасы которой находятся в отвалах Райгородского мелового рудника, расположенного в северной части Донецкой области.

Меловая крошка является распространенным и дешевым материалом, требующим утилизации. Она обладает скелетной структурой высокой пористости (45-50 %), при нагреве активно поглощает закисно-железистые компоненты, легко и быстро обжигается [8]. Внешний вид меловой крошки и железоблюса, получаемого совместным спеканием смеси кускового мела и железной стружки, представлен на

рис. 1, фракционный и химический состав исходного сырья — в табл.1 и 2.



Рис. 1. Внешний вид исходной меловой крошки (а), железофлюса, получаемого совместным обжигом смеси кускового мела и железной стружки (б) и внутреннее строение его гранул (в)

ТАБЛИЦА 1. ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ, %

Материал	Фракции, мм						итого
	>30	30-10	10-5	5-3	3-1	<1	
Меловая крошка исходная	13-15	15-16	12-13	10	28-29	19-20	100
Железосодержащая стружка	—	—	10,5	83,1	3,5	2,9	100
Окалина	—	0,5	2,5	12,5	56,8	27,7	100

ТАБЛИЦА 2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ, %

Материал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	S
Меловая крошка	1,81	Нет св.	—	0,25	53,30	1,20	0,06
Железная стружка*	—	—	0,23	2,57	—	—	0,02
Окалина	2,01	0,53	57,44	36,17	1,66	0,31	0,04
Жидкое стекло	30,2	0,25	—	—	0,24	—	0,06

В качестве ожелезнителя предпочтительнее использовать мелкие металлизированные материалы — дробленую железную стружку, окалину, очищенный скрап, отходы зачистки слябов, литья и др. Эти материалы также относятся к классу отходов и требуют утилизации. Их количество ограничено, поэтому при определенных условиях могут быть использованы железные руды и концентраты, что снимет проблему дефицита ожелезнителя нужного качества и расширит его сырьевую базу.

Окускование указанных компонентов целесообразно осуществлять брикетированием. В качестве связующего эффективнее использовать жидкое стекло в количестве 3-7 % (сверх 100 %), которое обеспечивает брикетам не только требуемую прочность, но и за счет содержащегося в нем SiO_2 способствует образованию соединений, имеющих низкие температуры плавления.

Процесс образования железофлюса заключается в следующем. Обжиг меловой крошки осуществляют при температуре 950-1150 °С. При этом выделяется значительное количество CO_2 , являющегося окислителем. Железная стружка, окисляясь углекислым газом, переходит в раствор, богатый FeO , который под действием капиллярных сил активно поглощается высокоразвитой поверхностью образующейся извести.

Окалина содержит значительное количество FeO , а также Fe_2O_3 , который в присутствии SiO_2 приводит к появлению фаялита с температурой плавления 1205 °С, а также растворов магнетита в фаялите, имеющих температуру плавления 1142-1150 °С.

Наличие в железофлюсе SiO_2 приводит к образованию некоторого количества известковожелезистых оливинов типа $(\text{CaO})_x(\text{FeO})_{2-x}\text{SiO}_2$ и других соединений, имеющих невысокие температуры плавления (1014-1150-1250 °С). Это условие достигается тем, что в извести содержится до 2 % SiO_2 , который также дополнительно вносится с жидким стеклом.

Хорошее усреднение компонентов, тесный контакт частиц, обеспечиваемый прессованием, способствует лучшему образованию соединений.

Механическая прочность брикетов должна обеспечивать их эффективную обработку в том или ином агрегате. Для обжига брикетов в большинстве типов обжиговых печей наиболее важным показателем является ударная прочность, которая для брикетов обычно определяется вы ходом фракции +5 мм, в процентах после пятикратного сбрасывания с высоты 2 м на стальную плиту.

Для обжига брикетов во вращающейся печи является достаточной ударная прочность, равная 95-97 %. В этом случае истираемость брикетов может составить 3-5 %, что вполне допустимо для их обработки во вращающейся печи.

Для обжига брикетов в шахтной печи их прочность на раздавливание должна составлять 15-17 МПа. Для обжига брикетов в туннельной печи прочность на раздавливание может находиться в пределах 10 МПа.

Качество железофлюса определяется его составом, стойкостью к распаду и температурой плавления. Железосодержащий компонент железофлюса понижает температуру плавления и ускоряет растворение. Однако чрезмерное его увеличение приводит к снижению количества флюсующего компонента. Избыточное количество флюса в виде свободной извести приводит к его быстрому разрушению при хранении на открытом воздухе, что требует принятия специальных мер по его защите.

Железофлюс можно считать удовлетворительным, если при хранении в течение 7 сут на открытом воздухе гидратации извести не происходит, а образование фракции менее 5 мм не превышает 5 %. Это имеет место в том случае, когда в железофлюсе отсутствует свободная известь, а СаО находится в виде соединений. Это позволит создать запас железофлюса для обеспечения непрерывной работы.

Для определения параметров промышленной технологии в лабораторных условиях были воспроизведены основные элементы способа получения железофлюса, включающие получение и испытание на механическую прочность брикетов, их обжиг и спекание в условиях, близких к производственным.

Размер брикетов выбран в соответствии с требованиями, предъявляемыми к сталеплавильным флюсам. Брикеты цилиндрической формы диам. 30 мм и высотой 18 мм прессовали на механическом прессе с закрытыми ячейками.

Оптимальное давление прессования, обеспечивающее высокую производительность промышленных вальцовых прессов, принято на уровне 50 МПа. Сушку брикетов осуществляли при температуре 250-300 °С в течение 0,5 ч, что позволяет использовать отходящие газы обжиговых печей.

Верхний фракционный состав меловой крошки установили на уровне 3-5 мм, что исключает появление “беляков”. К тому же мелкий размер гранул обеспечивает более однородный состав шихты, сокращающий длительность обработки

материала.

Для определения зависимости прочности брикетов от количества связующего выполнено исследование, из которого следует, что оптимальное количество добавок жидкого стекла, обеспечивающее заданную прочность 95-97 %, составляет 3-7 % (сух.). Увеличение содержания жидкого стекла приводит к росту прочности, но ухудшает качество железофлюса и повышает стоимость брикетов (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3. ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ ИСХОДНЫХ БРИКЕТОВ ОТ ДОБАВОК ЖИДКОГО СТЕКЛА

Показатель	Количество жидкого стекла, %					
	0	2,5	3,0	5,0	7,0	7,5
Прочность на:						
сбрасывание, %	0	90,7	95,0	96,3	97,0	97,2
раздавливание, МПа	0,2	13,3	15,0	16,4	17,0	17,2

При наличии излишних известковых отходов (отсев извести, пыль газоочисток печей обжига) они могут быть использованы в качестве связующего. Однако более высокую прочность обеспечивают добавки жидкого стекла.

Однородность железофлюса по всему объему и его стойкость при хранении обеспечиваются соответствующей температурой обжига и количеством ожегнителя. Для определения этих условий выполнен обжиг брикетов с содержанием железной стружки, окалины и концентрата от 10 до 30 % (мас.) и жидкого стекла в количестве 3-7 % (мас.) сверх 100 %. Температура обжига — 1150-1200 °С. Внешний вид брикетов на различных стадиях обработки представлен на рис. 2.

Выполненные исследования показывают, что качественный железофлюс получается при следующих условиях: содержание меловой крошки 70-90 %, ожегнителя 10-30 %, расход жидкого стекла 3-7 % (сверх 100 %), брикетирование смеси влажностью 10-14 % ведут под давлением 50-90 МПа, сушку брикетов осуществляют в печи при 250-350 °С в течение 0,5 ч, обжиг и спекание — при 1100-

1300 °С. Фракционный состав меловой крошки устанавливают на уровне 0-5 мм, что исключает появление “беляков”, обеспечивает однородный состав шихты и сокращает длительность обработки. Железофлюс не распадается в течение 7-30 сут и более, что вполне достаточно для создания запасов, обеспечивающих бесперебойную работу.

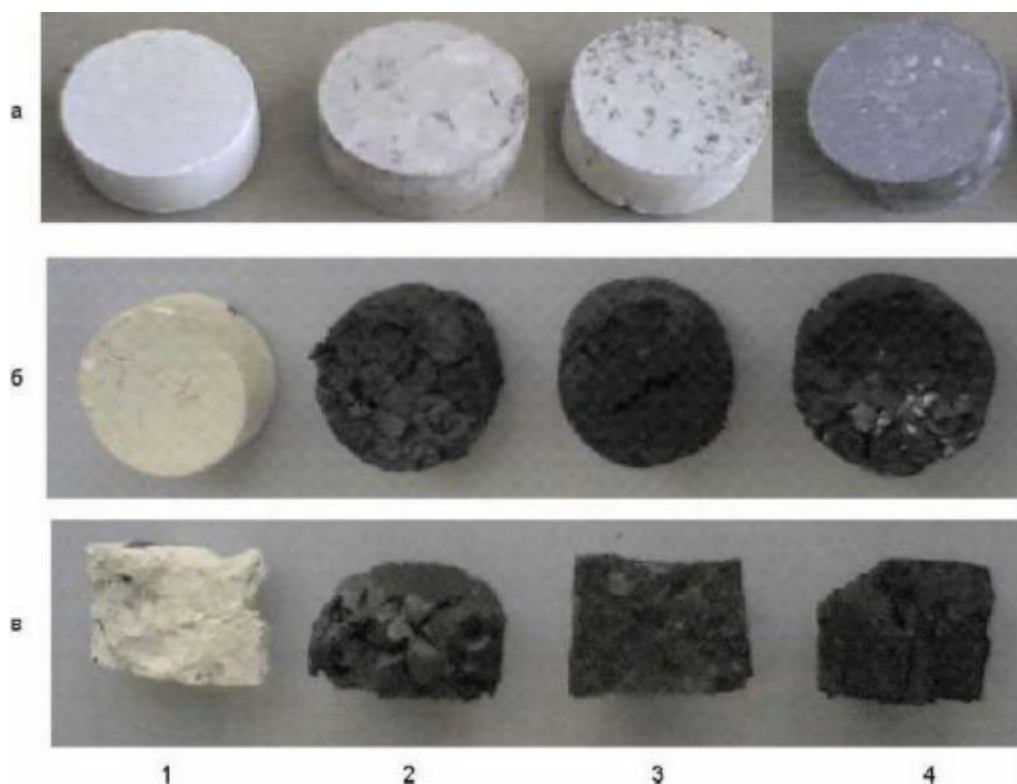


Рис. 2. Внешний вид брикетированного железофлюса (а), обожженных железофлюсовых брикетов (б) и их внутреннее строение в изломе (в):

1 —брикет из меловой крошки (контрольный); 2, 3, 4 —брикеты, содержащие 20 % окалины, стружки и концентрата соответственно

Промышленный процесс получения железофлюса, соответствующий данному способу, может быть осуществлен следующим образом.

Меловую крошку извлекают из отвалов, при необходимости досушивают на открытой площадке до 6 %-ной влажности для предотвращения забивки рассеивающего и измельчающего оборудования и выделяют фракцию менее 5 мм. Для повышения степени использования крошки фракцию более 5 мм додрабливают

до -5 мм и возвращают в процесс.

Далее меловую крошку смачивают раствором жидкого стекла, обеспечивающим брикетируемой шихте влажность 10-14 %, и прессуют под давлением 50 МПа. Полученные брикеты в зависимости от выбранного способа упрочнения при небольших объемах производства выдерживают в течение 7 сут на открытой площадке при 20-25 °С и влажности воздуха 80-90 %, что дает экономию топлива, либо сушат в печи в течение 0,5 ч при 350 °С, что обеспечивает независимость от погодных условий.

Высушенные брикеты направляют во вращающуюся, шахтную или кольцевую печь и обжигают при 1150-1250 °С до получения извести и образования железоблины.

Большого внимания заслуживают процессы, в которых используют железоблину. В 1956-1958 гг. в мартеновском производстве ряда металлургических предприятий Украины и России были проведены опытно-промышленные плавки с использованием рудно-известняковых брикетов. Достигнуто сокращение длительности мартеновской плавки на 5-9 % по сравнению с плавкой на руде, улучшилось наведение шлака [5].

Расчетная экономия у потребителя от использования 1 т железоблины, получаемого по данному способу, составляет 92,8 грн. С учетом высвобождения территорий, занятых под отходы, и снижения их воздействия на окружающую среду этот эффект будет существенно выше.

Выводы

Проведенными исследованиями показана возможность эффективного получения железоблины, пригодного к использованию в сталеплавильном производстве.

Дальнейшие исследования следует вести в направлении разработки приемов ведения плавки с использованием железоблины, выявления возможностей расширения сырьевой базы путем использования в качестве окислителя более

распространенных железных руд и их концентратов, а также адаптации полученных результатов к условиям промышленного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бигеев А.М., Летимин В.Н., Стрекаловекий М.М. Брикетты как шлакообразующий материал при выплавке стали // Изв. вузов: Черная металлургия. 1966. № 12. С. 56-60.
 2. Результаты опытов по производству ожелезненной извести на агломерационных машинах / М. Е. Полушкин, А. А. Алёхин, В. Д. Некеров и др. // Сталь. 1997. № 11. С. 5-7.
 3. Промышленный опыт получения ожелезненной извести во вращающихся печах / В. П. Хайдуков, А. Г. Сергеев, П. С. Климишин и др. // Там же. 1985. № 7. С. 25-27.
 4. Пат. 75154 Украины. Комплексный флюс для металлургического производства / В. В. Ожогин, В. А. Носков, А. А. Томаш и др. 2006. Бюл. № 3.
 5. Равич Б. М. Брикетирование в цветной и черной металлургии. —М.: Металлургия. 1975. — 232 с.
 6. Эйдельман Л. П. Состояние брикетирования шихтовых материалов в зарубежной черной металлургии // Черная металлургия: Бюл. ин-та “Черметинформация”. 1982. № 1. С. 28-37.
 7. Освоение технологии производства комплексных флюсов / В. А. Кобелев, Я. Ш. Школьник, В. Н. Потанин и др. // Сталь. 2001. №2. С. 19,20.
- Табунщиков Н. П. Производство извести. —М.: Химия. 1974. —240 с.