

УДК 622.785

Е.Е. Вылупко, Н.В. Игнатов, О.В. Губа, В.А. Усенко, А.П. Белова

ПОЛУЧЕНИЕ ОКУСКОВАННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МАТЕРИАЛА БЛОЧНО-ЯЧЕИСТОГО СТРОЕНИЯ

Експериментально вивчено вплив формування гранульованої шарової шихтової композиції у вигляді суміші офлюсованих залізорудних реакційних обсягів і функціонально розподіленого твердого палива на можливість отримання регулярної блочно-коміркової структури спеку. Показано, що найбільш ймовірний напрямок вдосконалення процесу одержання окускованого залізорудного матеріалу для доменного переділу є технологія отримання спеченого продукту з регулярною блочно-комірковою структурою з шихти у вигляді суміші гранульованої рудно-флюсової композиції і твердого палива.

ШАРОВА СИСТЕМА, ОГРУДКУВАННЯ, ТВЕРДЕ ПАЛИВО, ГРАНУЛЬОВАНА ШИХТА, СПЕК, БЛОЧНО-КОМІРКОВА СТРУКТУРА, ЯКІСТЬ.

Експериментально изучено влияние формирования гранулированной слоевой шихтовой композиции в виде смеси офлюсованных железорудных реакционных объемов и функционально распределенного твердого топлива на возможность получения регулярной блочно-ячеистой структуры спека. Показано, что наиболее вероятное направление совершенствования процесса получения окускованного железорудного материала для доменного передела является технология получения спеченного продукта с регулярной блочно-ячеистой структурой из шихты в виде смеси гранулированной рудно-флюсовой композиции и твердого топлива.

СЛОЕВАЯ СИСТЕМА, ОКОМКОВАНИЕ, ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО, ГРАНУЛИРОВАННАЯ ШИХТА, СПЕК, БЛОЧНО-ЯЧЕИСТАЯ СТРУКТУРА, КАЧЕСТВО.

The effect of granulated layered raw composition formation in the form of fluxed iron-ore reaction volumes and functionally distributed solid fuel on the obtaining of a regular block-cellular structure of sinter cake is experimentally studied. Experimental data show that the most likely direction of improving the technology of sintered iron material for the blast furnace is the technology of iron material agglomeration with obtaining of a regular block-cellular structure from the burden in the form of a granulated mixture of ore and flux parts and solid fuel.

LAYERS OF THE SYSTEM, PELLETIZING, SOLID FUEL, GRANULATED LAYERED, CAKE, BLOCK-CELLULAR STRUCTURE, QUALITY.

Состояние и актуальность проблемы. Рассматривая вопрос получения спека с заданными характеристиками его макроструктуры и прочности основное внимание было уделено влиянию на эти показатели процесса окомкования и его аппаратного обеспечения [1]. При этом осталось без внимания влияние расположения частиц твердого топлива в агломерируемой слоевой системе как очагов возникновения и формирования структуры спека блочно-ячеистого строения.

Анализ достижений и публикаций. Многочисленными исследованиями показано существенное влияние распределения частиц твердого топлива и других компонентов в агломерационной шихте и слоевой системе на показатели процесса ее спекания и качество агломерата.

В частности влияние пространственного распределения частиц твердого топлива осуществляется через температурно-тепловой уровень процесса спекания, как локальных объемов слоевой системы, так и

системы в целом и проявляется через характер структуры спека и отдельных его элементов.

Согласно представлениям о формировании блочной текстуры спека блок возникает и формируется вокруг одной или нескольких частиц твердого топлива [2], которое при агломерационном спекании железорудных шихт выполняет функции восстановителя и источника тепла [3]. Однако вероятностный характер распределения частиц твердого топлива не позволяет получать устойчивую блочно-ячеистую структуру спека. Устойчивое формирование такой структуры наиболее вероятно при заданном распределении частиц твердого топлива и вещественных ингредиентов шихты, как в слоевой системе, так и в слагающих ее реакционных объемах. Характер распределения частиц твердого топлива в слоевой системе определяет тепловой уровень процесса, температурный профиль по высоте агломерируемого слоя, количество жидкой фазы существенно влияющих на прочностные характеристики спека и агломерата. Именно заданное расположение топливных частиц в слое агломерационной шихты позволяет активно управлять этими параметрами. Очевидно, что достижение заданного распределения частиц ингредиентов шихты и прежде всего топлива в слоевой системе лежит через конструирование слагающих ее реакционных объемов и системы в целом по вещественному, химическому, энергетическому уровню и закладывается на стадии окомкования шихты. Поэтому от характера подготовки шихты будет существенно зависеть распределение топлива в ней, развитие окислительно-восстановительных, теплообменных, структурообразующих процессов и в конечном итоге – окончательная структура агломерата.

Постановка задачи. Именно в такой постановке целью настоящей работы явилось изучение влияния заданного распределения частиц твердого топлива в шихте и слоевой системе в целом во взаимосвязи с процессами окомкования на возможность получения спека блочно-ячеистого строения.

В соответствии с поставленной задачей был реализован процесс агломерационного спекания с управлением функциями твердого топлива как восстановителя и источника тепла. Осуществить такой процесс позволяет технология отдельной подачи твердого топлива. При этом одна часть топлива целенаправленно подается в шихту и выполняет роль восстановителя, а вторая подается на гранулы предварительно окомкованной шихты при этом частицы топлива накатываются на гранулы и располагаются на поверхности реакционных рудно-флюсотопливных объемов. Основная масса этого топлива размещается в каналах фильтрующих газовую фазу и выполняет роль источника тепла.

Методика проведения исследований. Исследования проводили в условиях опытно-экспериментального комплекса кафедры металлургии чугуна на агломерационной установке, состоящей из трех основных узлов: подготовки шихты, спекания и механического испытания спека. Узел подготовки включает в себя устройства дозирования компонентов шихты, их смешивания, увлажнения и окомкования. Узел спекания представляет собой агломерационную чашу, зажигательный горн, эксгаустер и комплекс

контрольно-измерительных приборов, позволяющий контролировать и фиксировать разрежение под колосниковой решеткой, температуру горнового газа, температуру по высоте агломерируемого слоя и газа, отходящего из слоя. Выход годного агломерата (фракция+5) определяли по результатам рассева разрушенного спека после сбрасывания с высоты 2 м на стальную плиту. Прочность годного агломерата определяли по ДСТУ 3200-95 на удар и истирание в стандартном барабане.

В идентичных условиях шихтового, методического и аппаратного обеспечения спекали шихту основностью 1,25 в слое высотой 300 мм на колосниковой решетке площадью спекания 0,03м² в вакуумном режиме. В шихте использовали руду фракции 0-10 мм, топливо, известняк и известь фракции 0-3 мм, возврат фракции 0-5 мм. Компоненты шихты в соответствии с расходными коэффициентами дозировали в емкости, смешивали в течении 2,5 мин в смесительном барабане и полученную смесь окомковывали на тарельчатом грануляторе.

Проведено три серии спеканий: в первой вся масса топлива подавалась в шихту перед окомкованием на тарельчатом грануляторе, во второй и третьей серии реализована отдельная подача твердого топлива накатом части его на гранулы в смесительном барабане в течение 1 мин. Количество топливо подаваемого в накат, изменялось от 80 до 100% от общего расхода его в шихту (массовые расходы составляли: 80% топлива в накат и 20% в шихту; 100% массы топлива на предварительно окомкованную шихту). Гранулометрический состав окомкованной шихты определяли ситовым методом на ситах с ячейкой 3, 5, 7 и 10 мм. Интерпретация полученных результатов графически показана на рис. 1.

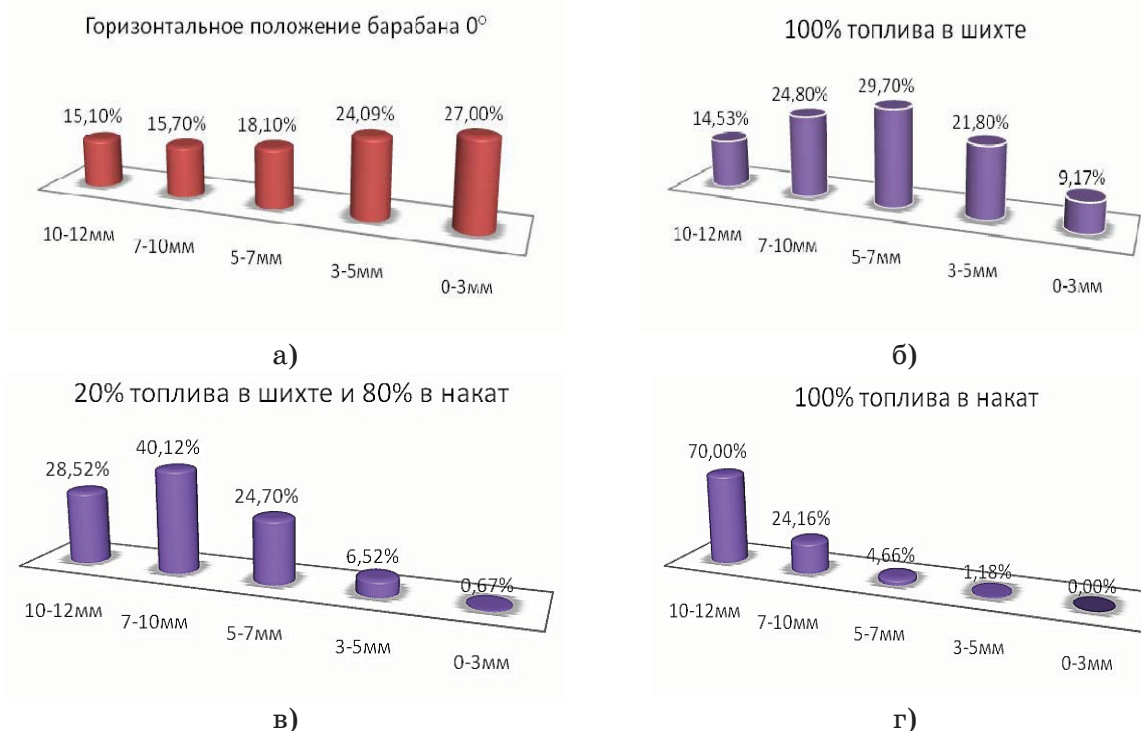


Рис. 1 – Гранулометрический состав шихты после окомкования

В качестве базы сравнения был принят гранулометрический состав шихты, содержащей всю массу топлива, окомкованной в барабане-окомкователе при горизонтальном положении его оси (рис.1а) [1]. Обращает на себя внимание довольно высокое содержание в окомкованной шихте (51,09%) фракции 0-5 мм. В такой ситуации равномерное распределение компонентов шихты по гранулам маловероятно и поэтому ожидать регулярного распределения вещественного и химического состава по гранулам не приходится. Другими словами, получение спека блочно-ячеистой структуры из такой шихты довольно проблематично.

Применение тарельчатого гранулятора для окомкования агломерационной шихты, содержащей 100% топлива в смеси с другими компонентами, оказывает довольно существенное влияние на ее гранулометрический состав после окомкования (рис.1б). Практически вдвое снижается содержание фракции 0-5 мм, естественно увеличивается вероятность получения шихты, состоящей из реакционных объемов – гранул равномерно наполненных всеми компонентами шихты, то есть более подобных по вещественному и химическому составу. Этому положению способствует процесс окомкования с многократным возвратом формирующихся гранул в очаг грануляции (возвратный механизм), что характерно для тарельчатого гранулятора. Очевидно, что аналогичный механизм окомкования возникает в барабане-окомкователе, разгрузочный торец которого наклонен в сторону загрузки шихты в барабан.

Известно, что выведение топлива из состава шихты улучшает условия ее окомкования [4]. Применение тарельчатого гранулятора для окомкования шихты с пониженным содержанием топлива в ее составе позволяет ожидать получение повышенной однородности гранулометрического состава окомкованной шихты. Полученные результаты показывают (рис.1в), что при выводе 80% массы топлива из состава шихты практически десятикратно уменьшается содержание фракции 0-5 мм в окомкованной шихте в сравнении с базовым экспериментом. Выход фракции 10 – 12 мм увеличился на 14%, шихта в целом на 93% представлена гранулами 5-12 мм. В такой ситуации естественно ожидать еще более высокой степени идентичности вещественного и химического состава гранул шихты в диапазоне 5-12 мм.

Наиболее высокой степени идентичности вещественного и химического состава гранул шихты способствует окомкование смеси исходных компонентов не содержащей топлива (рис. 1г). Окомкованная шихта в этом случае на 94% представлена гранулам 7-12 мм, что позволяет ожидать высокую степень вероятности получения блочно-ячеистой структуры спека. Однако следует уточнить, что блочно-ячеистая структура спека из шихты, компоненты которой имеют полифракционный состав, будет носить флуктуационный характер. Получение регулярной блочно-ячеистой структуры следует ожидать при агломерационном спекании окомкованных шихт, ингредиенты которых идентичны по гранулометрическому составу.

Отмеченные особенности гранулометрического состава окомкованной шихты с традиционным и отдельным вводом топлива в ее состав

проявились в процессе спекания слоевой системы. Результаты спеканий приведены в табл. 1. Анализ полученных данных показывает приращение технологических параметров процесса спекания шихт с топливом, накатанным на поверхность гранул, по сравнению с традиционной подачей топлива в шихту. Особенно это характерно при спекании шихты со 100%-м накатом твердого топлива на поверхность гранул, в этом случае температура отходящего газа растет интенсивнее с достижением более высоких значений. Необходимо отметить, приращение технологических параметров шихт с топливом накатанным на поверхности гранул по сравнению с традиционной технологией. Так скорость спекания возросла от 21,82 до 23,46 мм/мин, производительность агломерационной установки увеличилась от 1,24 до 1,67 т/м²·час, выход годного возрос от 56,5 до 74,13% . Графическая интерпретация полученных результатов показана на рис. 2.

Таблица 1

Сравнительная таблица показателей процесса спекания при традиционной и отдельной подачах твердого топлива в шихту

Технологическая характеристика	Способ подачи топлива		
	100% топлива в шихте (база)	80% топлива в накате	100% топлива в накате
Масса спека, кг	14,2	14,1	14,3
Выход годного, %	56,5	72,34	74,13
Время спекания, мин.	13,75	12,925	12,79
Удельная производительность, т/м ² ·ч	1,24	1,57	1,67
Вертикальная скорость спекания, мм/мин.	21,82	22,97	23,46
Качество агломерата			
Прочность агломерата, мм	Выход фракции, %		
На удар (+5)	52,82	62,41	67,13
На истирание(-0,5)	12	9,22	4,9

Вывод частиц твердого топлива из состава шихты повышает прочностные характеристики агломерата. После испытания в барабане по ДСТУ 3200-95 прочность агломерата на удар увеличилась на 14,3%, а на истирание уменьшилась на 7% по сравнению с базой.

Спеченный продукт представлен обожженными гранулами и спеками. При спекании шихты с выводом частиц твердого топлива на поверхность гранул визуально идентифицируется блочно-ячеистая структура спеков, однако она не носит регулярного характера. Как было сказано выше это связано с тем, что при окомковании традиционной агломерационной шихты не существует возможности получения равнозначных по вещественному и химическому составу реакционных объемов из-за полидисперсности входящих в ее состав компонентов и блочная текстура спека носит флуктуационный характер.

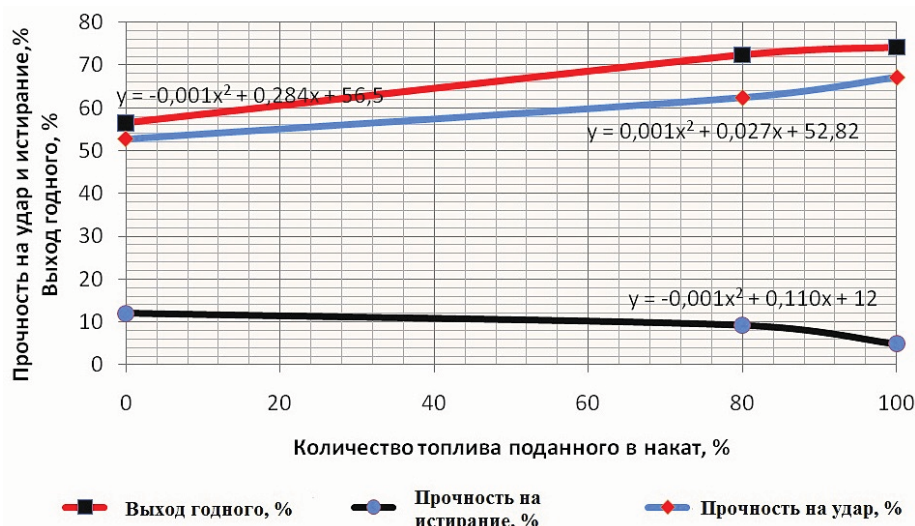


Рис. 2– Зависимость выхода годного, прочности на удар и истирание от количества топлива, поданного в накат

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что получению спека с регулярной блочно-ячеистой структурой будет способствовать гомогенизация шихты, характерная для процесса получения окатышей. Именно технология получения окатышей гарантирует регулярность вещественного и химического состава реакционных объемов – гранул шихты из монодисперсных компонентов (железородного материала, флюса и связующего).

В этом случае смешивание гранул с твердым топливом обеспечивает заданное расположение его частиц в слоевой системе, их высокую термическую активность и формирование спека с регулярной блочно-ячеистой структурой. Высказанные положение получили свое экспериментальное подтверждение в опытах по агломерационному спеканию гранул из монодисперсной шихты в слое в виде смеси гранул и твердого топлива. Агломерировали гранулированную шихту основностью 1,25 из концентрата ИнГОКа в железородной части офлюсованного флюсбентонитовой смесью. Безтопливную шихту окомковывали на тарельчатом грануляторе диаметром 1,0 м, установленном под углом 45° и вращающемся со скоростью 20 об/мин. Полученные окатыши отсеивали на ситах с ячейкой 5, 7, 10 и 12 мм. Гранулометрический состав окатышей показан на рис. 3.

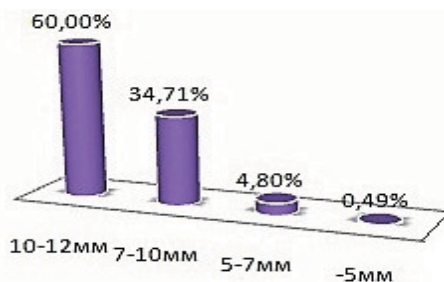


Рис. 3 – Гранулометрический состав шихты для производства окатышей при окомкования на грануляторе

Именно применение гранулятора для окомкования тонкодисперсной концентратной шихты, по сравнению с агломерационной полифракционной

шихтой, позволяет достичь более высокого уровня равномерности гранулометрического состава. Гранулированная шихта из тонкодисперсных компонентов представлена на 94,71% гранулами фракции 7–12 мм, гарантированно идентичными по вещественному и химическому составу.

Гранулированную шихту в течение 1 мин смешивали с твердым топливом фракции 0-3 мм в барабане, накатывая таким образом твердое топливо на поверхность гранул. При этом целенаправленное месторасположение частиц твердого топлива, накатанного на поверхность железорудных гранул, в конечном итоге должно позволить создать спеченный продукт блочно-ячеистого строения. После накатывания топлива гранулированную шихту загружали в чашу слоем 300 мм и агломерировали в вакуумном режиме фильтрации при разрежении 300 мм.вод.ст., скорость воздуха на входе слой не превышала 0,8-1,0 м/с, что характерно для процесса обжига окатышей. Зажигание топлива в слое осуществляли продуктами сгорания природного газа при температуре 1250 °С в течение 1 мин. Результаты спеканий приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты агломерационного обжига шихты для производства окатышей

Технологическая характеристика	Используемая шихта	
	Агломерационная	Для производства окатышей
Масса спека, кг	14,3	14,2
Выход годного, %	74,13	73,1
Время спекания, мин.	12,79	12,66
Удельная производительность, т/м ² ·ч	1,67	1,51
Вертикальная скорость спекания, мм/мин.	23,46	25,47
Качество спеченного материала		
Прочность спека, мм	Выход фракции, %	
На удар (+5)	67,13	70,77
На истирание(-0,5)	6,9	6,62

Несмотря на некоторое уменьшение производительности установки, спек полученный из шихты для производства окатышей имеет ряд преимуществ для дальнейшего передела руда-чугун. Так при практически неизменной прочности на истирание возрастает прочность на удар. Главным преимуществом спеченного продукта является регулярная блочно-ячеистая структура с одинаковыми свойствами во всем объеме спека. Внешний вид спеченного продукта показан на рис. 4.

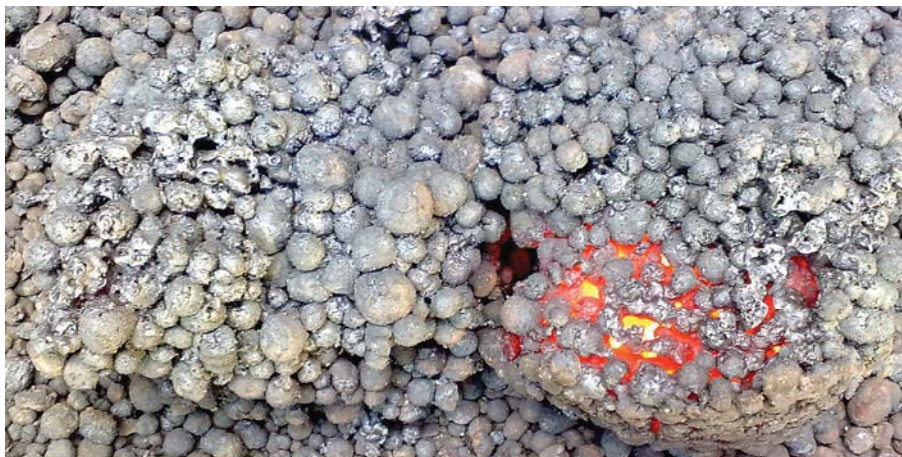


Рис. 4 – Характерный вид спеченного материала

Выводы

1. Полученные результаты показали, что наиболее вероятное направление совершенствования процесса получения окускованного железорудного материала для доменного передела является технология получения спеченного продукта с регулярной блочно-ячеистой структурой из шихты в виде смеси гранулированной рудно-флюсовой композиции и твердого топлива.

2. Получение регулярной блочно-ячеистой структуры спека достигается за счет формирования спекаемой слоевой системы из равнозначных по вещественному и химическому составам реакционных объемов в смеси с твердым топливом.

3. Конструирование равнозначных рудно-флюсовых композиций реализуется методами грануляции. Получение блочно-ячеистой структуры спека достигается агломерационным спеканием железорудных гранул в смеси с твердым топливом.

4. Технически процесс может быть реализован в существующем производстве железорудных окисленных окатышей практически без изменения его аппаратного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние параметров окомкования на показатели процесса спекания и качество агломерата / Е.Е. Вылупко, Н.В. Игнатов, О.В. Губа // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов.– Выпуск 5(70).– Днепропетровск, 2010.– С. 178-188.

2. Вегман Е.Ф., Крахт Л.Н. / Некоторые итоги исследования блочной текстуры железорудного агломерата. Известия ВУЗов. Черная металлургия. 1983. - №9. - С.11-18.

3. Ростовцев С.Т. Физико-химические основы процесса агломерации криворожских руд. «Теория и практика металлургии», - 1938. – №6. – С.4-9.

4. Коршиков Г.В., Шаров С.И. и др. Влияние способа подачи топлива, его вида и крупности на показатели процесса спекания концентрата КМА. Известия ВУЗов. Черная металлургия, 1971, №3, С.37-39., №6, С.39-42.

Получено 20.12.2011 г.