

УДК 622.8.055.2

**В.Б.КУСКОВ**, канд. техн. наук, доцент, *opikvb@mail.ru*

**А.В.КОРНЕВ**, аспирант, *opiopi@bk.ru*

**Д.В.СУХОМЛИНОВ**, аспирант, *Cukomlinov@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

**V.B.KUSKOV**, *PhD in eng. sc., associate professor, opikvb@mail.ru*

**A.V.KORNEV**, *post-graduate student, opiopi@bk.ru*

**D.V.SUKHOMLINOV**, *post-graduate student, Cukomlinov@mail.ru*

*National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg*

## БРИКЕТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Брикетирование в черной металлургии – это наиболее ранний способ окускования. В начале XX в. брикетирование было вытеснено более высокопроизводительным процессом агломерации. Альтернативой агломерации стало окомкование, которое с середины XX в. неуклонно растет. Однако брикетирование имеет ряд преимуществ. Кроме того, для отдельных видов железных руд брикетирование может оказаться предпочтительным процессом. Такими рудами являются богатые железные руды, содержащие 60 % и более железа в руде. Технология брикетирования включает предварительное грохочение для удаления крупных классов; дозирование и предварительное смешивание 85-90 % мартитовой, железослюдково-мартитовой руды и 10-15 % гидрогематитовой руды; смешивание со связующими веществами; прессование; сушку. Полученные брикеты имеют плотность 3200-3500 кг/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие около 4,5 МПа.

*Ключевые слова:* брикетирование, агломерация, окомкование, богатые железные руды.

## BRIQUETTING OF IRON-ORE MATERIALS FOR IRON AND STEEL INDUSTRY

Briquetting in ferrous metallurgy is the earliest way clotting. In the beginning of XX century briquetting has been forced out by agglomeration basically for the reason considerably more productivity of process of agglomeration. The alternative agglomeration became pelletizing which share from the XX-th century middle steadily grows that is quite explainable essential increase in manufacture fine particle concentrates. However briquetting has a number of advantages. And for separate kinds of iron ores briquetting can appear preferable process. Such ores are the rich iron ores containing 60 and more % iron in ore. The technology of briquetting includes, preliminary screening for removing of large classes; dispensing and preliminary mixing 85-90 % martite, iron-micaceousmartite ores and 10-15 % hydrohematite ores; mixing with connective substances; pressing; drying. The received briquettes have density 3200-3500 kg/m<sup>3</sup>, durability on compression about 4,5 MPa.

*Key words:* briquetting, agglomeration, pelletizing, rich iron ores.

При переработке полезных ископаемых обычно получаются весьма мелкие концентраты, как правило, непригодные для непосредственной металлургической переработки. При этом в связи с постоянным ухудшением качества исходных руд – снижением содержания полезных компонентов, усложнением минерального состава, снижением размера

вкрапленности частиц и т.д. – они подвергаются все более глубокому обогащению, требующему все более тонкого измельчения. Поэтому такие концентраты обычно подвергаются окускованию.

В металлургии применяют три основных вида окускования: агломерацию, окомкование, брикетирование. Агломерация – процесс

получения кусков (агломерата) методом спекания мелкой руды или концентратов при высокой температуре горения добавляемого в агломерируемую шихту топлива. Благодаря высокой температуре в процессе агломерации удаляется часть вредных примесей (например, сера). Окомкование (грануляция, окатывание) – процесс получения окатышей, основанный на свойстве увлажненных тонкоизмельченных частиц руды или концентратов при перекатывании образовывать гранулы сферической формы (окатыши). После этого окатыши обычно подвергаются обжигу для повышения прочности. Брикетирование – процесс механической или термомеханической переработки различных видов сырья с целью получения из них брикетов, т.е. кусков геометрически правильной единообразной формы и размеров.

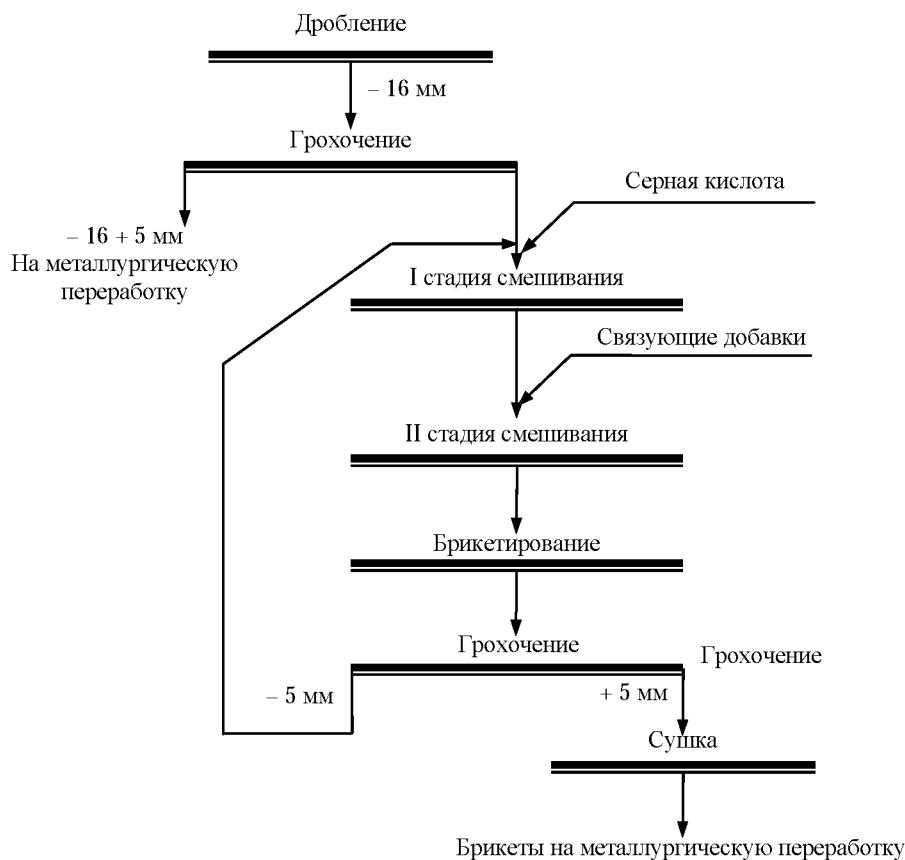
Брикетирование в черной металлургии – это наиболее ранний способ окускования, ко-

торый стал широко применяться со второй половины XIX в. В начале XX в. брикетирование было вытеснено агломерацией, в основном, по причине большей производительности агломашины в сравнении с брикетным прессом. Альтернативой агломерации стало окомкование, доля которого с середины XX в. неуклонно растет, что объясняется существенным увеличением производства мелких концентратов.

Однако с точки зрения технологии и экономики производства брикетирование имеет ряд преимуществ [1, 2]:

1) брикеты имеют одинаковую правильную форму и вес, в данном объеме содержат больше металла, более высокую прочность и лучшую транспортабельность;

2) обладают более высокой плотностью; количество оборотного продукта на агломерационной фабрике составляет около 20-25 %, а иногда и выше от общего потока шихты, в то время как на брикетной фабрике не более 2 %;



Принципиальная схема брикетирования богатой железной руды

3) весь кислород руды в брикете остается активным, в агломерате же он находится в связанном состоянии (в виде силикатов), первое особенно важно для доменного производства;

4) экологическая безопасность брикетов (безотходность, отсутствие высокой температуры при изготовлении);

5) возможность применения в брикете в любом соотношении углеродсодержащего наполнителя для активизации процессов в металлургической печи (карбюризатор, восстановитель, энергоноситель);

6) возможность использования всех видов тонкодисперсных железофлюсологирующих углеродсодержащих отходов металлургического передела.

Для отдельных видов железных руд брикетирование может оказаться предпочтительным процессом. Это богатые железные руды, содержащие 60 % и более железа в руде. Эти руды не нуждаются в обогащении, а значит, и в тонком измельчении и, очевидно, их окомкование, требующее предварительного тонкого измельчения, нерационально. Кроме того, по сравнению с агломерацией брикетирование более дешевый и экологически чистый процесс.

Примером таких руд являются богатые руды Яковлевского месторождения. Руда имеет железослюдково-мартитовые, мартитово-гидрогематитовые, гидрогематитовые и карбонатизированные разновидности и поэтому содержание железа в руде в различных классах руды, а также гранулометрический состав весьма разнообразны.

Если руда имеет сравнительно равномерное распределение железа по классам крупности, то один из вариантов переработки такой руды (см.рисунок) предусматривает предварительное дробление исходной руды до крупности 16-20 мм. Далее дробленая руда подвергается грохочению и класс крупнее 5 мм направляется на непосредственную металлургическую переработку (например, как доменное сырье). Класс мельче 5 мм брикетируется. Экспериментальные исследования показали, что если для брикетирования использовать ма-

териал крупнее 5 мм, то существенно снижается прочность брикетов, если мельче 5 мм, – растут затраты на дробление, а прочность брикетов не увеличивается.

В качестве основного связующего используется серная кислота, образующая с карбонатами, содержащимися в руде, гипс, который выступает как самотвердеющее связующее, позволяющее получить достаточно прочные брикеты. При этом количество серной кислоты, добавляемой в шихту, зависит, в основном, от содержания карбонатов. Если количество карбонатов в руде не менее 0,5-1 %, то оптимальным является добавка кислоты в стехиометрическом по отношению к карбонатам, содержащимся в железной руде, соотношении. Если карбонатов меньше, то прочность брикетов падает, и тогда требуется большее количество кислоты, при этом в реакцию будут вступать окиси и гидроокиси железа, также образуя сульфаты, которые выступают в роли связующего. Расход кислоты подбирался экспериментально и составлял от 1 до 5 %. При этом концентрация серной кислоты подбиралась таким образом, чтобы влажность шихты была в пределах 8-12 % (по массе) [3].

Серная кислота способствует равномерному перемешиванию всех компонентов, формированию прочных структурных связей и лучшему формированию брикетов, что увеличивает прочность брикетов. Влажность смеси менее 8 % затрудняет перемешивание компонентов шихты, влажность шихты более 12 % избыточна, снижает формуемость смеси, понижает прочность полученных брикетов.

Сушка сырых брикетов позволяет повысить прочность брикетов, особенно когда карбонатов в руде менее 0,5-1 % и в качестве дополнительного связующего выступает сульфат железа.

Таким образом, все исходное сырье (без отходов) используется для металлургической переработки.

Если железо неравномерно распределено по классам крупности (в крупных классах железа мало), из руды отсеивают класс мельче 5-6 мм и используют для брикети-

рования, а класс крупнее 5-6 мм отправляют в отвальные хвосты.

Работа выполнения в рамках Постановления правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 «Развитие кооперации российских вузов и производственных предприятий».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2292405 РФ. Способ безобжиговой переработки мелкозернистых железосодержащих отходов metallurgического производства, содержащих замасленную окалину / С.А.Карпов. Опубл. 27.01.2007. Бюл. № 3.

2. *Лотош В.Е.* Безобжиговое окускование руд и концентратов / В.Е.Лотош, А.И.Окунев. М., 1980.

3. Пат. 2463362 РФ. Способ подготовки железной руды к metallurgической переработке / В.Л.Трушко, В.Б.Кусков, Н.М.Теляков. Опубл. 10.06.2012. Бюл. № 16.

#### REFERENCES

1. Pat. 2292405 RF. Annealing-free method for processing fine-grain iron-containing waste materials of metallurgical production including oiled scale / S.A.Karpov. Publ. 27.01.2007. Bul. N 3.

2. *Lotosh V.E.* Annealing-free clotting of ores and concentrates / V.E.Lotosh, A.I.Okunev. Moscow, 1980.

3. Pat. 2463362 RF. Method of preparation of iron ore to metallurgical processing / V.L.Trushko, V.B.Kuskov, N.M.Telyakov. Publ. 10.06.2012. Bul. N 16.