

В.Л.ТРУШКО, *д-р техн. наук, профессор, trushko@spmi.ru*

Р.Э.ДАШКО, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, regda2002@mail.ru*

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

А.В.КОРНЕВ, *аспирант, opiopi@bk.ru*

Санкт-Петербургский государственный горный университет

А.С.КЛЯМКО, *председатель наблюдательного совета, support@metall-group.com*

ООО «Металл-групп»

V.L.TRUSHKO, *Dr. in eng. sc., professor, trushko@spmi.ru*

R.E.DASHKO, *Dr. in geol. & min. sc., professor, regda2002@mail.ru*

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

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

Saint Petersburg State Mining University

A.S.KLYAMKO, *chairman of the supervisory board, support@metall-group.com*

LLC «Metall-group»

ПОДГОТОВКА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ К МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ

Брикетиrowание в черной металлургии – наиболее ранний способ окускования. В начале XX в. брикетиrowание было вытеснено агломерацией из-за значительно более высокой производительности процесса. Альтернативой агломерации стало окомкование, доля которого с середины XX в. неуклонно растет, что объясняется существенным увеличением производства мелких концентратов. Однако брикетиrowание имеет ряд преимуществ, и для отдельных видов железных руд (богатых руд, содержащих 60 % и более железа) может оказаться предпочтительнее. Технология брикетиrowания включает дробление, предварительное грохочение для удаления крупных частиц; дозирование и смешивание со связующими веществами; прессование; отсеv некондиционных по крупности брикетов; сушку. После дробления возможно грохочение для удаления крупных классов, содержащих меньше железа. Полученные брикеты имеют плотность 3200-3500 кг/м³, прочность на одноосное сжатие более 4,5 МПа.

Ключевые слова: брикетиrowание, связующее, комбинированное связующее, богатые железные руды.

PREPARATION 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. As alternative to agglomeration pelletizing became. It started to be popular in the XX-th century, that is quite explainable by essential increase of manufacture fine particle concentrates. However briquetting has a number of advantages. For some kinds of iron ores briquetting can be preferable process. Such ores are rich iron ores with iron content 60 % and more. The technology of briquetting includes crushing, preliminary screening for removing of large particle size classes; dispensing and mixing martite ore, and hydrohematite ores; mixing with binder substances; pressing; screening for removing of small size briquettes; drying. The received briquettes have density 3200-3600 kg/m³, durability on uniaxial compression more then 4,5 MPa.

Key words: briquetting, binder, combination binder, rich iron ores.

Как известно, одним из основных видов полезных ископаемых, используемых человечеством, являются железные руды. Содержание железа в земной коре около 5 %, это второй по распространенности, после алюминия, металл. Практически все железные руды перерабатываются на сталь, чугун и сплавы на железной основе. Роль железа в истории человечества трудно переоценить. Чугуны и стали – основа современной индустрии.

Практически все отечественные железорудные месторождения содержат 20-40 % железа в руде и поэтому подвергаются обогащению. Месторождений богатых железных руд, содержащих более 55-60 % железа и поэтому не нуждающихся в обогащении, в нашей стране мало.

Обычно обогащение предусматривает двух-, трех-, а иногда и более стадийное измельчение и магнитную сепарацию. При этом получают весьма тонкие концентраты, которые мало пригодны для непосредственной металлургической переработки, так как несмотря на то, что в настоящее время применяются различные процессы бездомного получения чугуна и железа прямого восстановления, доменный процесс доминирует. И современная металлургия железа включает две основные стадии: восстановление железной руды углеродом кокса в доменной печи с получением чугуна и рафинирование чугуна в сталеплавильных агрегатах различных типов с получением стали.

Доменный процесс предусматривает достаточно высокую газопроницаемость шихты, загруженной в доменную печь (что исключает использование мелких концентратов), поэтому концентраты всегда подвергают предварительному окускованию*.

Известно три основных вида окускования: агломерация, окомкование, брикетирование. Брикетирование в черной металлургии – это наиболее ранний способ окускования, который широко применялся для этой

цели во второй половине XIX в. В начале XX в. брикетирование было вытеснено агломерацией из-за большей производительности агломашины по сравнению с брикетным прессом. Альтернативой агломерации стало окомкование, доля которого с середины XX в. неуклонно растет в связи с существенным увеличением производства мелких концентратов.

Однако с точки зрения технологии и экономики производства брикетирование имеет ряд преимуществ (здесь под брикетированием понимается так называемое «холодное» брикетирование, когда на брикеты не воздействуют высокими температурами):

- брикеты имеют одинаковую правильную форму и массу, обладают, как правило, более высокой прочностью и лучшей транспортабельностью;

- количество оборотного продукта на агломерационной фабрике достигает 20-25 % от общего потока шихты, иногда и более, в то время как на брикетной фабрике не более 2 %;

- экологическая опасность производства брикетов существенно ниже (безотходность, отсутствие высоких температур при изготовлении и т.д.);

- возможность добавления в брикет в любом соотношении углеродосодержащего вещества, флюсов и других материалов.

Для отдельных видов железных руд брикетирование может оказаться предпочтительным процессом. Богатые железные руды, содержащие 60 % железа и более, не нуждаются в обогащении, а значит и в тонком измельчении, и их окомкование, требующее предварительного тонкого измельчения, нерационально. По сравнению с агломерацией брикетирование является более дешевым и экологически чистым процессом.

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

В зависимости от свойств руды возможно несколько вариантов переработки.

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

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

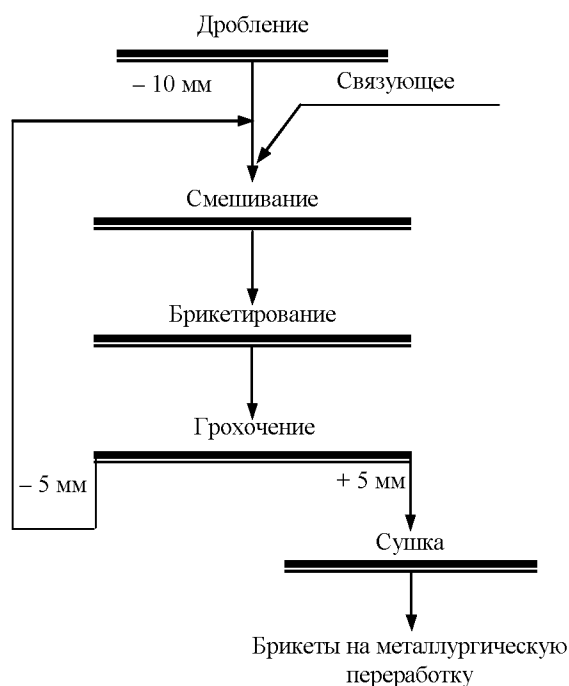


Рис. 1. Принципиальная схема брикетирования богатой железной руды

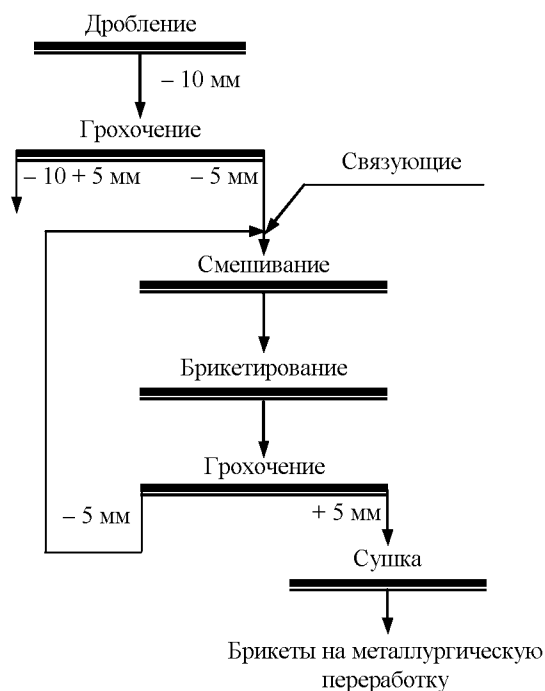


Рис. 2. Принципиальная схема брикетирования богатой железной руды с грохочением

Во всех случаях руда предварительно дробится до 10 мм (максимальный размер кусков исходной руды 350 мм).

Затем, если руда имеет сравнительно равномерное распределение железа по классам крупности, то после дробления до 10 мм смешивается со связующим веществом и брикетуется. Затем сырые брикеты подвергаются грохочению для отсева мелочи (мельче 5 мм), которая возвращается в операцию смешивания. Кондиционные по крупности брикеты сушатся и отправляются на металлургическую переработку (рис.1). Такой вариант переработки руды подкупает своей простотой.

Если железо неравномерно распределено по классам крупности (в крупных классах содержание железа ниже), то после дробления предусматривается операция грохочения (в зависимости от типа руды содержание класса мельче 5 мм в дробленой до 10 мм руде достигает 75-82 %). Из руды отсеивается класс мельче 5 мм, который используется для брикетирования, а класс крупнее 5 мм в зависимости от содержания железа в нем может быть направлен либо

непосредственно в металлургическую переработку, например в доменный процесс, либо на агломерацию (рис.2).

Схема несколько более сложная, но она позволяет получать брикеты с более высоким содержанием железа. Здесь грохочение выступает как обогатительная операция. Следует отметить, что процесс грохочения достаточно дешев и прост, а для большинства разновидностей руд Яковлевского месторождения как раз и характерно неравномерное распределение содержания железа по классам крупности: чем мельче класс крупности руды, тем выше в нем содержание железа.

В качестве связующего использовалась серная кислота, образующая с карбонатами, содержащимися в руде гипс, который выступает как самотвердеющее связующее, позволяющее получить достаточно прочные брикеты. Количество серной кислоты, добавляемой в шихту, зависит в основном от содержания карбонатов. Если количество карбонатов в руде не менее 0,5-1 %, то оптимальной является добавка кислоты в стехиометрическом по отношению к карбона-

там, содержащимся в железной руде, соотношении. Если карбонатов меньше, то прочность брикетов падает и тогда требуется большее количество кислоты, при этом в реакцию будут вступать оксиды и гидроксиды железа, образуя сульфаты, которые выступают в роли связующего. Расход кислоты от 1 до 5 % устанавливается экспериментально. Концентрация серной кислоты подбирается так, чтобы влажность шихты была в пределах 8-12 % по массе. Влажность смеси менее 8 % затрудняет перемешивание компонентов шихты, а влажность шихты более 12 % избыточна, снижает формуемость смеси и прочность полученных брикетов.

Серная кислота способствует равномерному перемешиванию всех компонентов, возникновению прочных структурных связей и лучшему формованию брикетов, что увеличивает их прочность.

Сушка сырых брикетов позволяет повысить прочность брикетов, особенно в случае, когда карбонатов в руде меньше 0,5-1 % и дополнительным связующим служит образующийся сульфат железа. Прочность на одноосное сжатие полученных брикетов 4,5-5,2 МПа.

Кроме того, в качестве связующего применялась карбоксиметилцеллюлоза или комбинированное связующие: суспензия на основе карбоксиметилцеллюлозы с добавлением тонкоизмельченных классов руды и стабилизированная поверхностно-активным веществом. Прочность на одноосное сжатие получаемых брикетов 7,4-7,9 МПа.

В качестве связующего была испытана глина с высокой физико-химической активностью – глина группы монтмориллонита (сметита) со специальными активизирующими добавками: энзимный препарат, применяемый в дорожном строительстве, и хлорное железо*.

Использование водного раствора хлорида железа частично компенсирует потери железа, возникающие в результате добавления к руде глины, и обеспечивает формирование дополнительных структурных связей в брикете. Кроме того, водный раствор хлорида железа способствует получению смеси без образования комков, что приводит к равномерному перемешиванию компонентов смеси и повышению прочности брикетов без снижения содержания полезного компонента.

Концентрация раствора хлорида железа подбирается таким образом, чтобы влажность шихты не превышала 9-12 %, что обеспечивает оптимальные условия для перемешивания шихты и формования брикетов.

Добавка энзима к водному раствору хлорида железа определенным образом структурирует смесь и способствует хорошей уплотняемости смеси при прессовании. Сорбция энзимов на тонкодисперсных частицах руды и глины создает условия для формирования дополнительных структурных связей.

Прочность полученных брикетов на одноосное сжатие 7,5-10,8 МПа, а плотность 3200-3600 кг/м³.

Таким образом удается получить прочные брикеты без снижения содержания железа в брикете или с незначительным снижением содержания. При этом все исходное сырье (без отходов) используется для металлургической переработки.

Статья написана по результатам работы в рамках Постановления Правительства России от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

* Заявка на получение патента 2010114373 РФ. МПК C22B1/14. Способ подготовки железорудного материала в виде брикетов / В.С.Литвиненко, В.Л.Трушко, Р.Э.Дашко. Приоритет 12.04.2010. Опубл. 20.10.2011.

An application for a patent. N 2010114373 Ru. МПК C22B1/14. Method of preparation iron material as briquettes / V.S.Litvinenko, V.L.Trushko, R.E.Dashko. Priority 12.04.2010. Publ. 20.10.2011.