

вестно, что изменение даже одного параметра (минерального, химического состава минералов, размера и формы их зерен) существенно влияет на физические, физико-химические и поверхностные свойства минералов, которые оказывают влияние на технологические свойства титаноциркониевых песков, качество разделения минералов и технологию обогащения.

Поэтому, необходимо детальное изучение данной проблемы, результаты которого позволят адаптировать функционирование ВГМК к условиям изменения вещественного состава и технологических свойств руды вследствие освоения Матроновского участка Малышевского месторождения.

Отметим, что минерально-сырьевая база Украины является достаточно развитой и имеет перспективы в конкурентной борьбе на мировом рынке титана.

Список литературы

1. Металиди В.С. Титан России // Мінеральні ресурси України. – 2008. – №3. – С. 42-45.
2. Коваль Ю.А. Современное производство и рынки титана // Металлургия и горнодобывающая промышленность. – 1998 – №2. – С. 75-79.
3. Металиди В.С., Гурский Д.С. Титан Украины // Мінеральні ресурси України. – 2009. – №3. – С. 11-17.
4. Галецький Л.С., Ремезова О.О. Стратегія розвитку мінерально-сировинної бази титану України // Геологічний журнал. – 2011. – №3. – С. 66-72.
5. Собко Б.Е. Оценка технико-экономических показателей при повышении эффективности добычи титаноциркониевых руд в Украине // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. – 2008. – Вып. 74. – С. 89-95.

© Первунина А.А., 2012

*Надійшла до редколегії 14.09.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*

УДК 622.8.055.2

В.Б. КУСКОВ, канд. техн. наук,

А.В. КОРНЕВ

(Россия, Санкт-Петербург, Национальный минерально-сырьевой университет "Горный")

О ВОЗМОЖНОСТИ ХОЛОДНОГО БРИКЕТИРОВАНИЯ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД СО СВЯЗУЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Большинство железосодержащих руд в нашей стране сравнительно бедные (с содержанием железа 20-40%). Поэтому они подвергаются глубокому обогащению, предусматривающему их тонкое измельчение. В результате получают весьма мелкие концентраты, непригодные для непосредственной металлургической переработки. Эти концентраты всегда подвергаются окускованию. Основные способы окускования: агломерация и окомкование. Также иногда применя-

Загальні питання технології збагачення

ється так называемое "горячее" брикетирование. В этом случае железорудное сырье предварительно нагревается до 800-1100 °С и затем брикетируется в закрытых вальцовых прессах. При этом пластичные частично размягченные и восстановленные рудные зерна легко прессуются, образуя плотную структуру брикета.

Однако все эти процессы являются энергетически нерациональными, так как предусматривают сначала нагрев железорудного сырья до высоких температур (более 1000 °С), а затем – охлаждение полученных окускованных продуктов, которые при последующем металлургическом переделе снова подвергаются высокотемпературному воздействию.

В России в настоящее время помимо бедных железных руд имеются и некоторые запасы богатых (с содержанием железа более 55-60%). Примером таких руд могут служить мартит-гидрогематитовые руды Яковлевского месторождения, которые отличаются повышенной пористостью, рыхлостью и преобладанием мелких и тонких классов. Согласно данным ситового анализа количество класса -5+0 мм в исследованных пробах руд превышает 75%. Следовательно, для дальнейшей металлургической переработки указанные типы руд необходимо предварительно окусковывать [1].

Наиболее предпочтительным в данном случае способом окускования является "холодное" брикетирование с использованием связующих веществ. Такой выбор объясняется отсутствием необходимости в дополнительных расходах на измельчение всей исходной руды и обжиг полученной сырой продукции (как при окомковании) или на процесс спекания (как при агломерации).

С целью определения возможности окускования мелких богатых железных руд путем "холодного" брикетирования были изготовлены брикеты без добавления связующих и с использованием различных видов связующих, таких как бентонит, известь, портландцемент, красный шлам, водный раствор карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), меласса, различные комбинированные связующие.

Давление прессования в опытах не превышало 40 МПа. Расход связующих практически во всех экспериментах не превышал 5%. Сырые брикеты подвергали термической сушке, температура которой зависела от вида используемого связующего.

Для оценки качества полученные брикеты испытывали на одноосное сжатие, истирание и сбрасывание. Полученные значения параметров механической прочности брикетов сравнивались со значениями, требуемыми для их использования в доменной плавке.

В ходе проведенных исследований было выявлено, что брикеты, изготовленные только из гидрогематитовой руды, имеют более высокую прочность, но и более низкое содержание железа по сравнению с брикетами из мартитовой руды. В связи с этим, во всех опытах для брикетирования использовалась смесь 85% мартитовой и 15% гидрогематитовой руд класса -5+0 мм.

Брикетиование без добавки связующих не дало положительных результатов и применимо в основном только к рудам и материалам, имеющим прочную связь частиц при увлажнении за счет глинистых примазок или тонкодисперс-

ных частиц руды, обладающих свойствами коллоидов [2].

Брикетиrowание с некоторыми связующими веществами, такими как известь, красный шлам, жаропрочный цемент не обеспечивает необходимой механической прочности получаемого окускованного продукта.

Железорудные брикеты, изготовленные с использованием таких веществ как меласса, водный раствор карбоксиметилцеллюлозы, комбинированное связующее, состоящее из 2% бентонита, 1%-ого раствора хлорида железа и специальной активизирующей добавки – энзима, отличаются высокими физико-механическими свойствами, определяющими возможность их применения в составе доменной шихты [3].

Как указывалось ранее, температура сушки сырых брикетов очень сильно влияет на их механическую прочность и зависит от вида используемого связующего. В связи с этим, железорудные брикеты, полученные с использованием мелассы сушились при $t=105\pm 5^\circ\text{C}$, с КМЦ и комбинированным связующим – при $t=65\pm 5^\circ\text{C}$. Результаты испытаний физико-механических свойств брикетов, полученных из мартит-гидрогематитовой руды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследований физико-механических свойств брикетов,
полученных из богатых железных руд

Вид используемого связующего вещества	Предел прочности на одноосное сжатие, $\sigma_{сж(ср)}$, МПа	Осыпаемость, %	Прочность брикетов на сбрасывание, %	Прочность брикетов на истирание, %	Сопротивление истиранию, %
2% бентонита, 1%-ный раствор хлорида железа, энзим	9,30	6,92	92,87	93,10	5,37
2,5%-ный раствор карбоксиметилцеллюлозы	9,41	6,70	93,81	94,68	3,97
Меласса с водой (1:2)	8,45	0,46	96,73	95,68	2,06

Сравнивая полученные в ходе испытаний значения параметров механической прочности железорудных брикетов со значениями, требуемыми для их использования в доменной плавке, можно отметить, что все испытанные брикеты соответствуют предъявляемым к ним требованиям.

Брикеты, полученные с использованием мелассы, отличаются повышенной

Загальні питання технології збагачення

прочностью на сбрасывание и истирание, а также низкой осыпаемостью.

Изготовленные для испытаний железорудные брикеты в большинстве случаев имели форму "подушечки", предусматривающей их получение на вальцовых прессах.

Как известно, вальцовые прессы отличаются простотой конструкции, повышенным удельным давлением прессования, высокой производительностью, повышенной износоустойчивостью сменных бандажей, возможностью выбора формы и веса брикетов и др.

Однако помимо вальцовых существуют и другие конструкции прессов. Одним из таких видов прессового оборудования является экструдерный пресс. Шнековое прессование (экструзия) – метод формования в экструдере изделий неограниченной длины продавливанием материала через формующую головку с каналом необходимого профиля.

Для определения возможности экструзии мартит-гидрогематитовых руд были проведены эксперименты на экструдерном прессе японской фирмы "Fuji Paudal" с последующим испытанием полученных экструдатов на механическую прочность.

Испытания проводились на навесках смеси 85% мартитовой и 15% гидрогематитовой руд крупностью $-5+0$ мм с использованием в качестве связующего 2,5%-ного раствора карбоксиметилцеллюлозы. Температура сушки сырых экструдатов составляла $t=18\pm 5$ °С и $t=65\pm 5$ °С. Для определения возможности экструдирования богатых железных руд сначала использовалась матрица с диаметром отверстий 6 мм, затем – 10 мм.

Высушенные экструдаты проверяли на прочность на приборе немецкой фирмы "Erweka" (рис. 1).

Испытуемый образец помещался на наковальню, регулируемую по высоте, и подводился к конусовидному поршню, который оказывал давление на экструдат до его разрушения. Величина давления, вызвавшая разрушение экструдата, фиксировалась на шкале прибора с делениями от 0 до 15 кг. Затем вычислялся коэффициент прочности, как отношение величины прочности экструдата к его диаметру. Для проведения испытаний отбиралось не менее 40 экструдатов примерно одинаковой длины для каждой серии. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.



Рис. 1. Прибор фирмы "Erweka" для испытаний экструдатов на прочность при сжатии

Таблица 2

Результаты испытаний экструдатов на прочность при сжатии на приборе фирмы "Erweka"

№ серии опытов	Температура сушки сырых экструдатов, °С	Средний диаметр экструдата, мм	Средняя длина экструдата, мм	Средняя прочность, кг/экструдат	Средний коэффициент прочности, кг/мм
1	18±5	6,1	11,2	9,25	1,52
2	65±5	6,0	10,5	8,50	1,42
3	18±5	10,0	15,0	14,00	1,40
4	65±5	10,1	15,5	13,25	1,31

Необходимо отметить, что все экструдаты имеют достаточную для дальнейшей переработки механическую прочность на сжатие. Коэффициент прочности экструдатов во всех случаях не ниже 1,30 при минимально допустимом значении не менее 0,9-1,0. Также, анализируя представленные данные, можно сделать вывод, что при увеличении диаметра экструдатов и температуры сушки их прочность несколько снижается.

Для более полной оценки механической прочности экструдатов были проведены испытания на сбрасывание и истирание. Методика и аппаратура проведения испытаний экструдатов такие же, как и при испытании железорудных брикетов.

Для проведения каждого испытания отбиралась проба целых экструдатов (длиной не менее 5 мм) соответствующего диаметра массой около 500 г. Для обеспечения большей надежности проводилось по две серии испытаний в каждом случае.

Загальні питання технології збагачення

Средняя прочность на сбрасывание экструдатов диаметром 6 мм составила 92,80%, диаметром 10 мм – 91,73%. Расхождение между полученными значениями прочности на сбрасывание двух параллельных испытаний не превышало установленного предела, равного 1,5%.

Средняя прочность на истирание экструдатов диаметром 6 мм составила 91,78%, диаметром 10 мм – 90,77%. Все испытанные экструдаты выдержали испытания.

Таким образом, опираясь на вышеприведенные данные исследований можно с уверенностью говорить о возможности "холодного" брикетирования мелких богатых железных руд с использованием связующих веществ.

Кроме того, обобщая и анализируя все данные по прочностным характеристикам испытанных железорудных экструдатов, можно сделать вывод и о возможности экструдирования мартит-гидрогематитовых руд крупностью - 5+0 мм.

Список литературы

1. Кусков В.Б., Львов В.В., Корнев А.В. Подготовка богатых железных руд к металлургической переработке // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 49(90). – С. 58-62.
2. Лурье Л.А. Брикетирование в металлургии. – М.: Металлургия, 1963. – 324 с.
3. Способ подготовки шихтового материала к металлургической переработке. Заявка на получение патента № 2011118712 от 10.05.2011, решение о выдаче патента от 03.07.2012.

© Кусков В.Б., Корнев А.В., 2012

*Надійшла до редколегії 17.09.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*

УДК 621.01:531.3

Т.М. КАДИЛЬНИКОВА, д-р техн. наук,

В.А. КРИВОРУЧКО

(Украина, Днепропетровск, Национальная металлургическая академия Украины)

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СЕГРЕГАЦИИ ПОТОКА СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА

Сегрегация представляет собой спонтанно протекающий процесс, при котором происходит перераспределением не однородных частиц материала по высоте и эффекты сегрегации обнаруживаются практически в любой сыпучей среде. Результатом сегрегации является перераспределение состава горной массы по крупности, а также образование слоев и повышение неоднородности внутри слоя. Процесс спонтанного разделения горной массы по крупности зависит от ее физико-механических свойств, гранулометрического состава, фор-