

Т.А. ОЛЕЙНИК, д-р. техн. наук,**Л.В. СКЛЯР**, канд. техн. наук

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕДНЫХ КУСКОВЫХ РУД
ШАХТНОЙ ДОБЫЧИ КРИВБАССА МЕТОДОМ ОТСАДКИ**

В настоящее время Криворізький залізорудний басейн обладает одним из самых мощных горнодобывающих комплексов и входит в четверку крупнейших горнодобывающих регионов мира. В Криворізьком басейне производится до 4-6% от мирового объема производства товарных видов залізорудного сырья. Промышленная разработка залізных руд в Криворізьком басейне ведется уже более 100 лет. Освоение залізорудных месторождений началось в Кривом Рого с 1880 года, когда А.Н. Подем было основано "Акционерное общество криворізьских залізных руд". *В наше время в Кривбассе добываются три основных промышленных типа залізных руд: богатые руды, которые непосредственно используются в металлургии, магнетитовые и окисленные залізистые кварциты, требующие обогащения.* Богатые руды (запасы которых по промышленным категориям насчитывают свыше 1 млрд. 200 млн т) залегают главным образом среди окисленных кварцитов, создавая около 300 рудных залежей. Содержание заліза в них более 46%, вредных примесей – сотые доли процента. Добывают их преимущественно подземным способом. На территории Кривбасса в 1971 работали 23 шахты производительностью от 200 тыс. тонн до 6,5 млн тонн залізной руды в год. Из ныне работающих остались только: Октябрьская, им.В.И. Ленина, Гвардейская, Родина, Артём-1, Юбилейная и Фрунзе. За период с 1880 по 2012 года добыто около 4 млрд т богатых окисленных руд и извлечено из недр около 9 млрд м³ горной массы.

На работающих сегодня шахтах Кривбасса вскрытие шахтных полей происходит центрально расположенными стволами (реже наклонными) и этажными квершлагами. В условиях высокого горного давления и неустойчивых вмещающих пород, системы разработки характеризуются обрушением руды и вмещающих пород, что обуславливает смешанный минеральный состав добываемых руд. Поэтому первичной переработкой руд предусматривается их дробление и сортировка по крупности, в результате которой образуется концентрат (аглокуда) и продукт, получивший название "некондиционные бедные руды" или сокращенно некондиционные руды. Эта технология основана на различии механических свойств богатой и бедной гематитовой руды: частицы первой намного менее прочные по сравнению с частицами второй. После трехстадийного дробления и грохочения, которому подвергается поступающий из шахты рудный материал с исходным содержанием заліза 51-55 мас. %, частицы богатой руды накапливаются в мелкозернистом (для разных шахт от 8-0 до 20-0 мм) материале. Общее содержание заліза в нем поднимается до 55-59 мас.%.

Загальні питання технології збагачення

Крупнозернистая фракция продуктов дробления (100-20 мм) с содержанием железа от 38 до 45 мас. % (среднее содержание Feобщ. около 40 мас. %) складывается как бедные некондиционные руды, требующие дальнейшего обогащения. Общее количество этого материала для всех добывающих предприятий Кривбасса, по разным оценкам, составляет от 10 до 15 млн т.

Вовлечение в эксплуатацию некондиционных руд и получение за счет них дополнительного количества концентрата с экономической точки зрения во многих случаях более выгодно, чем выпуск такого же количества концентрата за счет разведки и освоения нового месторождения. Реальными предпосылками для этого служат: достаточное количество забалансовых запасов на месторождении; дефицитность полезного ископаемого; неудовлетворительная обеспеченность предприятия балансовыми запасами.

Кроме решения экономических вопросов переработка некондиционных руд позволит решить и массу экологических проблем Кривбасса, так как горнодобывающая промышленность определяет весьма существенное и уникальное техногенное воздействие на природную среду не только в пределах месторождений, но и в регионе в целом. Так, происходит изменение природного ландшафта, который представлен карьерами, зонами отчуждения с провалами и террасами от ведения подземных работ, дамбами, отвалами и терриконами; хвостохранилищами и шламоотстойниками. Для Кривбасса ежегодный экономический ущерб от загрязнения окружающей среды по неполным данным оценивается в 300 млн долларов, а возможные вторичные последствия трудно предсказуемы.

Что касается некондиционных железных руд, то их складирование ведет к отчуждению сельскохозяйственных угодий. Ежегодное отчуждение земель для указанных потребностей составляет 400-500 га. За период промышленной разработки железорудных месторождений Кривбасса под объекты горнорудных предприятий в сельскохозяйственных организациях отторгнуто более 25 тысяч га земли.

Поэтому разработка технологии обогащения некондиционных железных руд с учетом экономического и экологического факторов является весьма актуальной научно-практической задачей.

Традиционно в Криворожском бассейне развивался магнитный способ обогащения некондиционных руд с использованием слабых и сильных магнитных полей. Однако, внедряя этот метод, технологи недостаточно учитывали особенности минерального состава руд, характер поведения немагнитных минералов в магнитных полях с высоким градиентом. Отсюда неудачи с внедрением этого метода и невозможность получения с его использованием кондиционного гематитового концентрата (аглоруды) с массовой долей железа более 55 %. Альтернативой использования магнитных методов обогащения некондиционных руд является гравитационная сепарация, и в частности отсадка, особенностям которой и посвящается данная работа.

В реальных условиях в добытой руде, в качестве разубоживающих пород, устанавливаются такие вмещающие рудные залежи, как железистые кварциты, сланцы и безрудные породы.

Засорение руд некондиционной частью зависит от геологического строе-

Загальні питання технології збагачення

ня залежи, способа обробки в шахте, технологических особенностей переработки, отгрузки, транспортировки и складирования исходной руды на дробильно-сортировочных фабриках (ДСФ) и колеблется от 27,14 до 49,08%.

Результаты опробования руд после выпуска их из эксплуатационных блоков на действующих сегодня шахтах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты изучения засорения руд шахтной добычи
(после выпуска их с эксплуатационных блоков)

Шахта	Руда	Некондиционная часть руды		
	Среднее содержание железа, %	Среднее содержание железа, %	Выход, %	Извлечение, %
Им. Ленина	51,0	39,2	45,0	34,59
"Гвардейская"	52,62	38,8	65,0	47,93
"Юбилейная"	50,57	40,6	52,7	42,31
Им. Фрунзе	55,58	40,3	53,2	38,57
"Октябрьская"	53,2	40,0	36,1	27,14
"Родина"	52,26	39,1	65,6	49,08
"Артем-1"	52,38	42,0	49,6	39,77

Результаты табл. 1 показывают, что количество кварцитов в добываемых рудах составляет 36-65,6%. Массовая доля железа в некондиционной части руды на 11-16% ниже по сравнению с богатой частью руды, что приводит к разубоживанию товарной продукции на 4-5% [1-3].

В лабораториях кафедры ОПИ ГВУЗ "КНУ" были проведены исследования физико-механических свойств, гранулометрического состава, вещественного состава руд текущей добычи рудников бассейна: им. Кирова, им. Р. Люксембург, им. Фрунзе, им. XX партсъезда, им. Ленина, им. К. Либкнехта. Анализ результатов исследований физико-механических свойств показал, что мелкие фракции представлены менее прочными породами, а крупные фракции - рудами средней и высокой прочности.

Результаты исследований гранулометрического состава показали, что содержание железа от крупных к мелким фракциям закономерно увеличивается. Результаты исследований приведены в табл.2. Так, согласно данных таблицы 2, классы крупности -100+25 мм характеризуются низкой массовой долей железа – в пределах 35,1-47,8%. Суммарный выход этих гранулометрических фракций колеблется в пределах 16,7-21,1%. Средняя массовая доля железа в гранулометрических фракциях -25+0 мм составляет 56,66 %, а во фракции -10+0 мм – 58,94%. Выход мелкозернистой фракции (-10+0 мм), вследствие низкой крепости этого сырья, высокий и составляет, в зависимости от способа дробления руды, от 51,8 до 57%. Классы крупности -3+0,074 мм характеризуются довольно высокой массовой долей железа – 58,6-66,3%, в отличие от тонких классов (менее 0,07 мм), которые содержат железа 32,0-38,7%.

В результате исследований гранулометрического состава установлено, что для получения качественной товарной продукции руду текущей добычи необ-

Загальні питання технології збагачення

ходимо рассевать на два продукта: "кусковую фракцию" (+10 мм) и "аглоруду" (-10+0 мм), где нерудные породы составляют всего около 7%. Некондиционными по массовой доле железа является кусковая часть руды, крупностью -100+10 мм. Поэтому именно эта фракция явилась исходным сырьем для проведения исследований.

Таблица 2

Результаты гранулометрического анализа проб по шахтам Кривбасса

Шахта	Мас со- вая доля же- леза, %	Фракции отсева, мм									
		+100 мм		100-50 мм		50-25 мм		25-10 мм		10-0 мм	
		Вы- ход, %	Среднее содер- жание железа, %	Вы- ход, %	Сред- нее со- держа- ние железа, %	Вы- ход, %	Сред- нее со- держа- ние железа, %	Вы- ход, %	Сред- нее со- дер- жание желе- за, %	Вы- ход, %	Сред- нее со- дер- жание железа, %
Артем-1	52,38	13,4	40,48	6,8	45,4	9,9	47,8	18,1	49,6	51,8	58,22
"Родина"	52,26	17,7	59,4	7,9	35,1	10,5	38,0	9,8	43,8	54,1	56,73
"Октябрьская"	53,20	15,1	41,5	8,6	42,4	11,2	44,98	11,9	46,34	53,2	61,53
Им. Фрунзе	55,58	13,8	45,5	7,7	45,0	10,7	46,36	10,8	48,4	57,0	62,54
"Юбилейная"	50,57	17,8	44,2	7,8	42,9	12,1	42,4	11,0	45,3	51,3	57,0
"Гвардейская"	52,62	13,5	45,65	8,9	45,6	12,2	42,89	10,3	45,51	55,1	58,95
Им. Ленина	51,00	12,7	42,66	7,7	43,0	11,1	41,0	14,1	45,3	54,4	57,6

Результаты исследований вещественного состава отобранных проб показали, что некондиционная руда на 30-35% представлена мартитом, гематит-мартитом, дисперсно-гематит-гетитом и на 60-65% бедными железистыми кварцитами. В некондиционных рудах Криворожского бассейна подземной добычи выделяются такие основные разновидности руд [4]:

- богатая железо-слюдко-мартитовая руда ("богатый мартит");
- богатая дисперсно-гематитовая руда ("богатый гематит");
- кварцит железо-слюдко-мартитовый тонкослоистый (джеспилит);
- кварцит мартит-дисперсно-гематитовый средне-слоистый ("кварцит");
- сланец хлоритовый и дисперсно-гематит-хлоритовый ("сланцы");
- слои кварцевые, малорудные кварциты и жильный кварц ("малорудные кварциты").

Результаты рудоразборки исследуемых проб некондиционных руд действующих шахт Кривбасса показаны на рис.1. Анализ результатов распределения геологических разновидностей по шахтам показал, что для руд южной группы рудников (шахты Родина, Артем) характерно большее количество мартита и дисперсного гематита. Для руд шахт северной группы рудников (шахты Октябрьская, Фрунзе, Юбилейная, Гвардейская, им. Ленина) характерно увеличенное количество сланцев и джеспилитов. Содержание кварцевых слоев, малорудного кварцита и жильного кварца практически одинаково для всех шахт (колебания находятся в пределах 3%) (рис. 1).

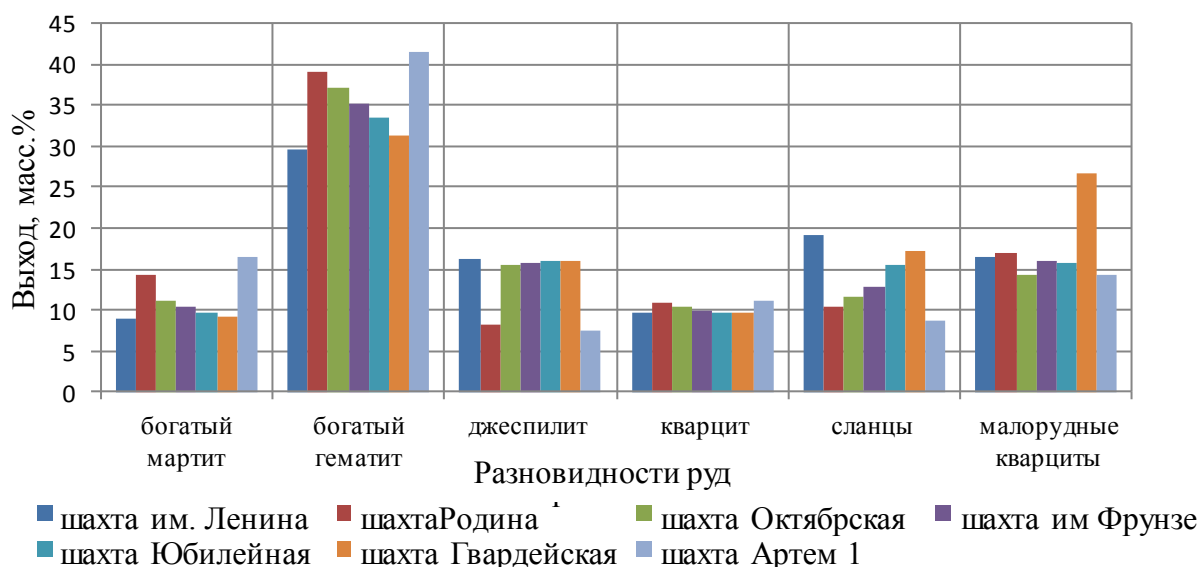


Рис. 1. Результаты рудоразборки некондиционной части шахтных руд Кривбасса

С целью качественной характеристики выделенных разновидностей приведем их описание [4].

Богатая железо-слюда-мартитовая руда характеризуется не яснослоистой или массивной текстурой, обусловленной чередованием тонких слоев (преимущественно рудных) кварц-мартитового, кварц-железо-слюдкового и смешанного состава с различной формой (пластинчатой, таблитчатой, чешуйчатой и др.) и размером рудных зерен (от 0,02 до 0,2 мм, иногда до 1,5 мм). Наличие пойкилитовых структур (включения рудных минералов в зерна кварца) обуславливает увеличение крепости руд. Массовая доля железа общего в этой разновидности варьирует в пределах 55-67% [4].

Железо-слюда-мартитовая руда является продуктом преобразования магнетит-железо-слюдковых тонкослоистых кварцитов (джеспилитов), суть которых – выщелачивание кварца (маршалитизация) и замещение (окисление) магнетита гематитом (мартитом) и как следствие этого – ослабление межзерновых связей, что определяет довольно низкую крепость руд 5-8, иногда -4 балла по шкале проф. Протодяконова и высокую их пористость. Массовая доля железа общего в этой разновидности варьирует в пределах 60-67%. Содержание нерудного минерала, представленного кварцем, достигает 14-5% [4].

Дисперсно-гематитовые ("красковые") руды являются мелкодисперсной (первые мкм и их доли) смесью гематита и глинистого вещества. Текстура непосредственно рудных прослоев тонкослоистая, иногда массивная, структура – дисперсная. Характерные признаки этой разновидности: низкая крепость (5-6 баллов по шкале проф. Протодяконова). Массовая доля железа общего варьирует в пределах 49-53%, содержание кремнезема достигает ~ 30% [4].

Железо-слюда-мартитовый тонкослоистый кварцит (джеспилит) характеризуется слоистостью, в пределах 0,2-2,0 мм. Размер зерен мартита составляет от 0,2-0,3 до 0,7-0,8 мм, железной слюдки – 0,015-0,02 мм реже до 0,03-0,04 мм. Джеспилиты характеризуются повышенной крепостью – до

Загальні питання технології збагачення

15-18 баллов по шкале проф. Протодьяконова. Массовая доля железа общего колеблется от 28,0 до 47,0%, иногда в результате интенсивных процессов маршалитизации образуются переходные разности, массовая доля железа в которых может превышать 50,0% (все железо – рудное). Массовая доля кремнезема – 37,5-57,7% [4].

Мартитовые кварциты характеризуются средне- и широкополосчатой текстурой. В них часто наблюдаются процессы маршалитизации. Текстура обусловлена чередованием рудных мартитовых и нерудных, состоящих в основном из кварца, слоев. Рудные прослои сложены агрегатами мартита. Размер рудных зерен колеблется в пределах 0,5-0,8 мм, иногда достигает 1,0-1,2 мм. Маршалитизация и карбонизация обуславливают некоторое снижение крепости кварцитов (8-12 баллов по шкале проф. Протодьяконова). Массовая доля железа в этой разновидности составляет 30,0-44,0% [4].

Мартито-дисперсно-гематитовые кварциты характеризуются наличием петельчатых цементационных структур гидроксидов железа, что в худшую сторону влияет на раскрытие рудных и нерудных минералов. Массовая доля железа колеблется от 20 до 32%. Содержание кварца – 55-66% [4].

Хлоритовые и дисперсно-гематит-хлоритовые сланцы отличаются тонко сланцеватой текстурой и структурой – от мелкозернистой до тонкозернистой. Состоят в основном, из хлорита, слюды и кварца. Акцессорные минералы представлены довольно крупными зернами магнетита (до 1,5-2,0 м). Содержание железа общего в неокисленных сланцах колеблется в пределах 10-15%, и 20-25% в окисленных аналогах. Содержание минерала кварца достигает 50-60% [4].

К малорудным кварцевым слоям и жильному кварцу относятся силикатные кварциты при контактных зон перехода между железистыми и сланцевыми горизонтами. Текстура таких руд тонкослоистая, обусловленная чередованием слюдисто-хлоритовых слоев с кварцевыми слоями, завуалированными интенсивными процессами маршалитизации. Структура – мелкозернистая. Все эти породы обладают повышенной крепостью, низким содержанием железа от 6,0 до 9,0% и высоким содержанием кварца от 60 до 90%.

Результаты исследований вещественного состава показывают, что присутствие в руде джеспилитов, хлоритовых и дисперсно-гематит-хлоритовых сланцев, а также малорудных кварцевых слоев свидетельствует о трудности получения аглоруды магнитными методами. Докажем это результатами магнитного анализа выделенных разновидностей руд.

При выполнении исследований был осуществлен магнитный анализ всех шести минерально-текстурных разновидностей, результаты которого представлены на рис. 2.

Показано, что из богатой мартитовой руды при индукции магнитного поля 0,1 Тл выделяется 11,8% магнитной фракции с массовой долей железа общего 63,6%. С увеличением индукции магнитного поля до 0,6 Тл наблюдается резкий рост выхода магнитной фракции до 97,2%. При увеличении индукции магнитного поля с 0,6 до 1,0 Тл выход магнитной фракции медленно возрастает с 97,2 до 99,9%. При разделении дисперсно-гематитовой руды, с увеличением индук-

Загальні питання технології збагачення

ції магнітного поля от 0,1 до 0,4 Тл, выход магнитной фракции изменяется незначительно – с 0,5 до 4,8%.

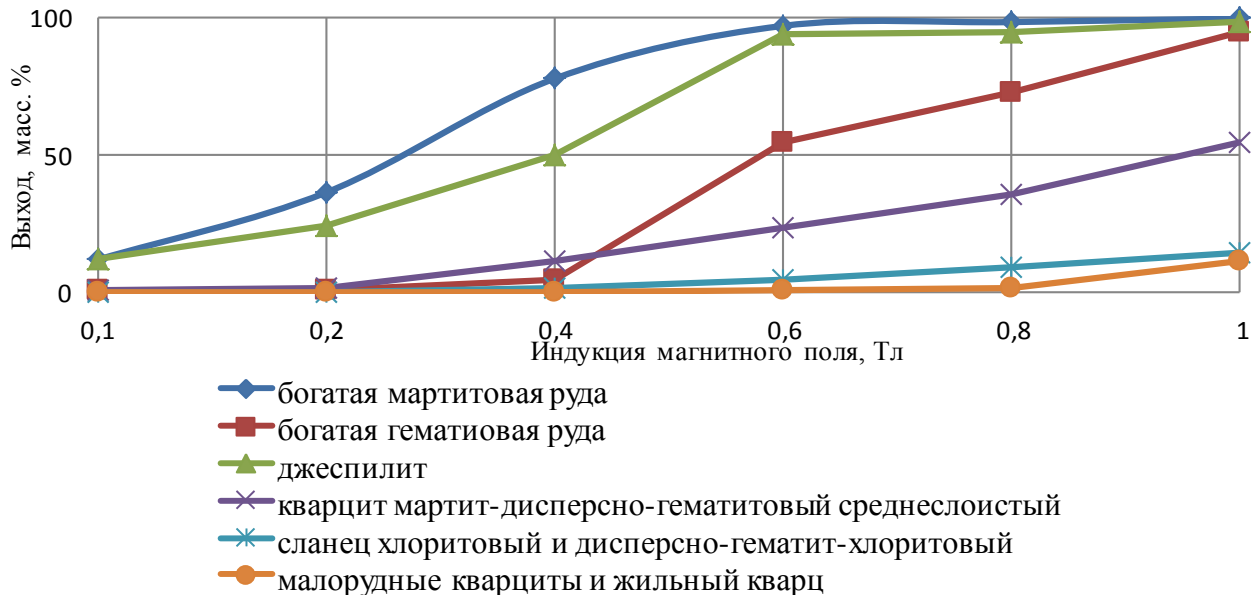


Рис. 2. Магнітний аналіз мінерально-текстурних різновидностей некондиційних руд Кривбасса

Дальнейшее повышение индукции магнитного поля до 1,0 Тл характеризуется значительным увеличением выхода магнитной фракции до 94,6%. Однако следует отметить, что при этом массовая доля железа общего в магнитной фракции снижается с 61,1 до 47,4%. В интервале значений индукции магнитного поля от 0,1 до 1,0 Тл для железо-слюдко-мартитового кварцита выход магнитной фракции изменяется от 2,7 до 94,6%. При этом массовая доля железа общего в магнитной фракции плавно изменяется с 55,5 до 43,2%. При разделении дисперсно-гематитового кварцита в диапазоне значений индукции магнитного поля от 0,1 до 1,0 Тл выход магнитной фракции и массовая доля железа в ней плавно изменяются соответственно от 0,3 до 54,8% и от 48,1 до 34,9%. При индукции магнитного поля 0,1 Тл, из мартитового кварцита выделяется 2,2% магнитной фракции с массовой долей железа 51,3%. В интервале значений индукции магнитного поля 0,4-0,6 Тл, выход магнитной фракции увеличивается с 18,6 до 36,7%, а массовая доля железа снижается с 43,09 до 41,9%. При индукции магнитного поля 1,0 Тл, выход магнитной фракции достигает 83,3%, а массовая доля железа в ней составляет 41,2%. По результатам магнитного анализа хлоритовых и дисперсно-гематит-хлоритовых сланцев авторами установлено, что магнитные фракции, выделенные при индукции магнитного поля 0,4 и 0,6 Тл, имеют низкую массовую долю железа 33,3 и 23,4%. Выход этих фракций незначителен и составляет соответственно 2,0 и 5,3%. Из малорудных слоев и жильного кварца магнитная фракция начинает извлекаться при индукции магнитного поля 0,6 Тл, при этом выход составляет всего 0,5%. С увеличением индукции до 1,0 Тл выход возрастает до 11,6%. Значения массовой доли железа в магнитной фракции из-

Загальні питання технології збагачення

меняються от 27,5 до 13,2%.

Приведенные результаты доказывают сложность выделения аглоруды высокого качества магнитными методами из руд, содержащих повышенное количество джеспилитов, хлоритовых, дисперсно-гематит-хлоритовых сланцев и малорудных кварцевых слоев, к которым относится сырье северной группы рудников. Наиболее труднообогатимыми магнитными методами являются руды шахт им. Ленина и Октябрьская.

Поэтому в качестве альтернативы была изучена целесообразность применения гравитационных методов обогащения для некондиционной части руд шахтной добычи Кривбасса, дробленной до разной крупности.

С этой целью, был выполнен гравитационный анализ некондиционных руд действующих шахт Кривбасса, результаты которого приведены в таблице 3.

Таблица 3

Массовая доля железа общего в гравитационных фракциях некондиционных железных руд Кривбасса

Шахта	Плотность разделения, кг/м ³ массовая доля железа общего				
	менее 2800	2800-3200	3200-3600	4000-4600	Более 4600
Им. Ленина	16,1	21,6	36,7	54,3	63,3
Родина	15,4	22,3	39,1	56,4	64,2
Октябрьская	16,0	22,5	39,1	56,7	64,3
Гвардейская	16,1	22,9	39,8	56,9	65,4
Им. Фрунзе	16,3	22,3	39,8	57,2	66,2
Юбилейная	16,6	22,7	39,6	55,3	64,7
Артем-1	16,6	23,0	39,8	55,9	64,4

Анализ результатов разделения некондиционных шахтных руд (крупность руды 25-0 мм) по плотности показывает, что массовая доля железа во фракциях практически одинакова для сырья всех шахт (отклонения не превышают 3%) и для получения товарной продукции граничной плотностью разделения некондиционных руд Кривбасса является плотность 3600 кг/м³.

Дальнейшие исследования проводились на некондиционных рудах шахты им Ленина, так как данное сырье относится к труднообогатимому сырью магнитными методами, а результаты гравитационного анализа по массовой доле железа во фракциях имеют средние значения.

С целью определения оптимальной крупности дробления руды, необходимой для раскрытия рудной и нерудной фаз и для получения аглоруды требуемого качества (60% и более), некондиционную руду дробили до крупности 25-0, 10-0, 3-0 мм. Результаты гранулометрического анализа проб дробленых руд показали, что со снижением крупности руды массовая доля железа в классах крупности распределяется пропорционально и колеблется в пределах 38-45,0%, что объясняется равномерным распределением кварца по всем фракциям.

Гравитационный анализ проб некондиционной руды, дробленной до разной крупности, приведен для наглядности с помощью кривых обогатимости Анри-Рейнгардта (рис. 3-5). Анализ результатов исследований показал, что богатая аглоруда (около 50% по выходу) с массовой долей железа более 62% может

Загальні питання технології збагачення

быть получена только из руды, дробленной до 3-0 мм.

Поэтому в технологической схеме переработки некондиционных шахтных руд необходимо предусмотреть дробление руды до 3-0 мм.

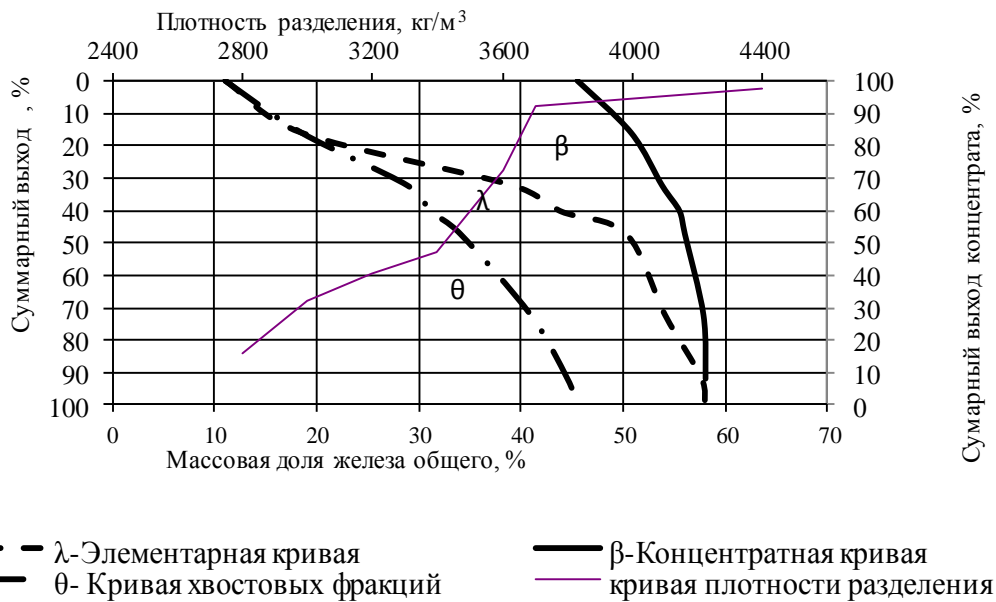


Рис. 3. Кривые обогатимости некондиционной руды, дробленной до 25-0 мм

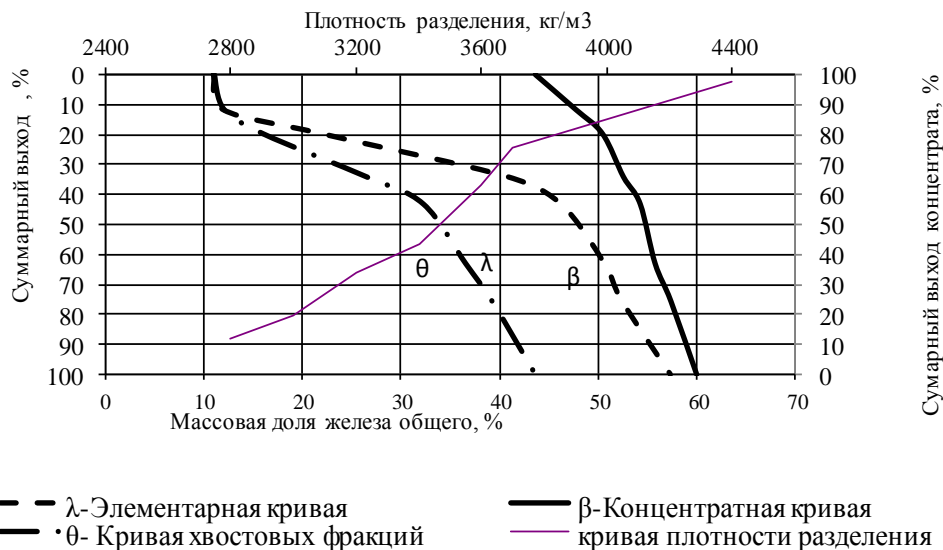


Рис. 4. Кривые обогатимости некондиционной руды, дробленной до 10-0 мм

Таким образом, в результате проведенных лабораторных исследований технологических свойств некондиционной руды, содержащей большое количество джеспилитов, сланцев и малорудного кварца, доказана возможность использования в качестве основного метода ее обогащения гравитационного. Нами предложено использование в технологической схеме отсадки, результатам которой изложены ниже.

В качестве сырья для исследований в промышленных условиях служили

Загальні питання технології збагачення

некондиционные руды шахты им. Ленина, как наиболее труднообогатимые. Для сравнения результатов были рассмотрены два варианта схемы: (1) базовый вариант переработки некондиционных шахтных руд с применением сортировки по крупности и (2) вариант с использованием в качестве основного метода обогащения отсадки дробленой руды.

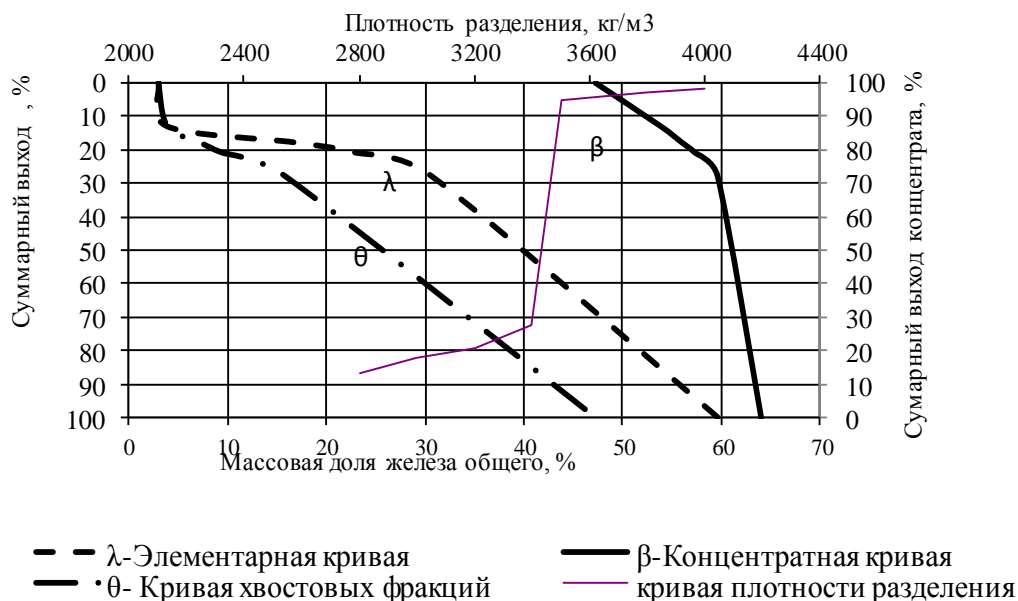


Рис. 5. Кривые обогатимости некондиционной руды, дробленой до 3-0 мм

Технологическая схема, всех трех вариантов, включала в себя дробление исходной некондиционной руды последовательно в три стадии до крупности 3-0 мм.

По базовой технологии после грохочения проб некондиционных железных руд была получена аглоруда с общей массовой долей железа 50,3-52,3% (такое качество не соответствует требованиям металлургической промышленности и требует доводки) и выходом 46,7-48,7%.

Предлагаемая технология обогащения некондиционных шахтных руд с использованием отсадки показана на рис. 6.

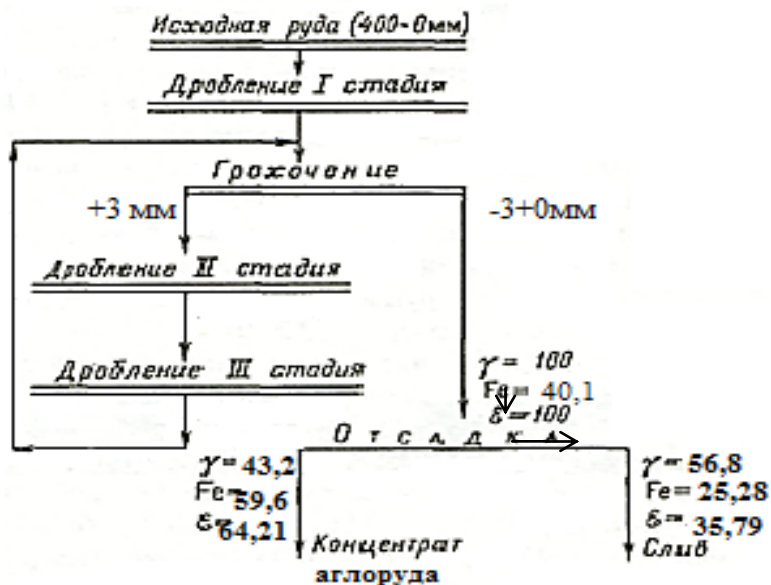


Рис. 6. Технологическая схема обогащения железосодержащей руды

Отсадка дробленой руды осуществлялась без предварительного обесшламивания на решетках с искусственной постелью из шлако-металлической смеси отходов Никопольского ферросплавного завода (НФЗ). Режим отсадки в отсадочной машине совмещался с промывкой и выбирался таким образом, чтобы в камере обогащался мелкий материал крупностью 1-0 мм, в камере II – крупностью 1-3 мм, в камерах III и IV – более 3 мм. Для этого по длине машины установлены решета с различными размерами отверстий по отсадочным отделениям: в отделении I – 2×2, II и III – 6×6, IV – 12×12 мм. Зерна искусственной постели имели различные крупность и коэффициент формы.

В период технологической наладки машины были проведены исследования по выбору оптимального режима работы в диапазоне частот пульсаций от 1 до 4 Гц), обеспечивающие не только эффективное разделение различных классов крупности руды, но и диспергацию и удаление в слив глины, массовая доля которой в руде колебалась от 2 до 8%.

В указанном режиме при отсадке некондиционной руды шахты им. Ленина, с массовой долей железа общего 40,1%, был получен концентрат 43,2% по выходу с массовой долей железа 59,6% (что соответствует требованиям к агглоруде).

В результате анализа данных, полученных при проведении исследований в промышленных условиях разработана технологическая схема обогащения некондиционных шахтных руд, которая включает в себя дробление исходной руды до крупности 3-0 мм, отсадку дробленого продукта и фильтрацию полученного концентрата. Схемой предусмотрено использование замкнутого водооборота.

Для получения концентрата более высокого качества может быть использована технологическая схема обогащения с отсадкой и винтовой сепарацией. Промпродукт отсадки предлагается измельчать в мельнице, затем обесшламивать и подвергать винтовой сепарации в два приема. При этом из некондицион-

Збагачення корисних копалин, 2013. – Вип. 53(94)

Загальні питання технології збагачення

ной руди с массовой долей железа около 39,5-40,1% можно получить концентрат с массовой долей железа 62,1-62,6% при выходе около 30,0%.

При проведении исследований по предложенной схеме на пробах некондиционных руд всех работающих шахт Кривбасса, метод отсадки позволяет получить из них около 43-50,0% по выходу товарной продукции (аглоруды) с массовой долей железа 59-60,5% [3].

Ниже приведена гистограмма (рис. 7) распределения прибыли на 1 тонну товарной продукции различных вариантов обогащения некондиционной железной руды шахт Кривбасса, результаты которой доказывают, что отсадка позволит получить прибыль от реализации 1 тонны продукции от 0,56 до 3,98 долл/тонну.

В процессе промышленных испытаний технологии гравитационного обогащения руды отсадкой была доказана возможность обогащения дробленой некондиционной руды шахтной добычи этим методом.

Разработана технологическая схема обогащения некондиционных шахтных руд, которая включает в себя дробление исходной руды до крупности 3-0 мм в три стадии, отсадку дробленого продукта и фильтрацию полученного концентрата.

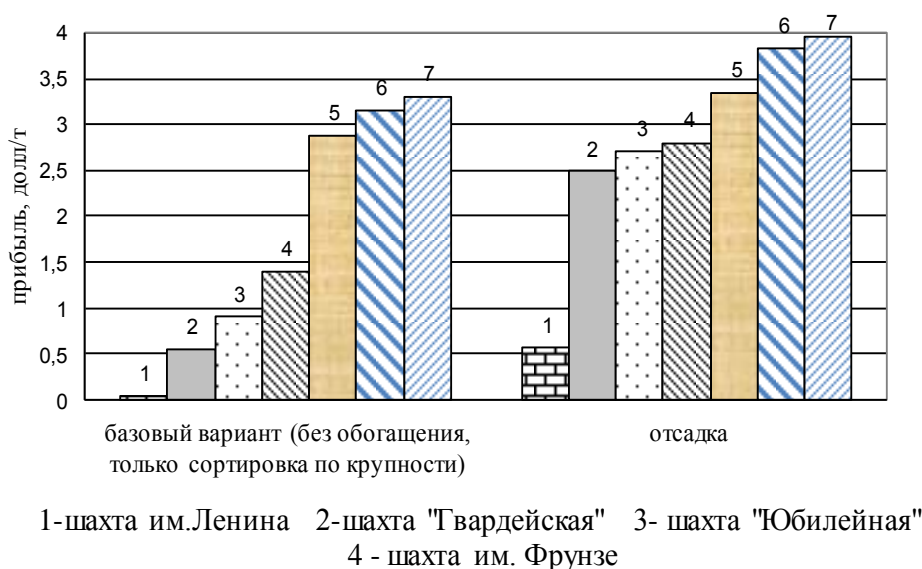


Рис. 7. Распределение прибыли на 1 тонну товарной продукции

Схемой предусмотрено использование замкнутого водооборота. В результате проверки технологической схемы обогащения в промышленных условиях из руды с массовой долей железа 40,1% получен товарный продукт – аглоруда с массовой долей железа 59,6%. Выход товарной продукции составил 43,2%. Годовой экономический эффект от внедрения технологии гравитационного обогащения отсадкой составит для одной из шахт Кривбасса приблизительно 1166,2 тыс. дол. США.

Список літератури

1. Олейник Т.А., Скляр Л.В. Пути интенсификации отсадки тонких минеральных зерен // Вісник Криворізького технічного університету: Зб. наук. праць. – 2004. – Вип. 3. – С. 95-97.
2. Пути повышения качества аглоруды подземной добычи Кривбасса" / В.Д. Прилипенко, В.А. Дробот, А.А. Авраменко и др. // Сб. материалов МИСИС, Москва, 5 Конгресс обогащителей стран СНГ. – 23-25 марта 2005 г. – Т.4. – С. 58-61
3. Скляр Л.В., Николаенко К.В., Олейник Т.А. Повышение качества бедных кусковых руд шахтной добычи Кривбасса методом отсадки // Качество минерального сырья. – 2005. – С. 87-89
4. Сухое магнитное обогащение гематит-мартитовых руд Криворожского бассейна / А.А. Ширяев, Э.В. Самоткал, С.А. Заболотный и др. – Кривий Ріг: Видавничийдім, 2009. – 248 с.

© Олейник Т.А., Скляр Л.В., 2013

*Надійшла до редколегії 10.05.2013 р
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*