

УДК 622.765:622.34

Н.В. КУШНІРУК, канд. техн. наук
(Україна, Кривий Ріг, Державний ВНЗ "Криворізький національний університет")

ШЛІХИ ПІДВИЩЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ ЦІННОГО КОМПОНЕНТА В ТОВАРНІЙ КОНЦЕНТРАТІ ПРАТ "ПівніГЗК"

Постановка проблеми. На даному етапі видобутку, виробництва, споживання та експорту продукції з залізорудної сировини Україна займає провідне місце у світовому "залізному балансі". Вагома частина в цьому відведена гірничо-збагачувальним комбінатам Криворізького залізорудного басейна, концентрати яких є джерелом вихідної сировини для чорної металургії.

Основне промислове значення мають магнетитові руди зі вмістом заліза загального 31-35%, з яких методом багатостадійної магнітної сепарації отримують концентрати зі вмістом 65-68% заліза і 6,5-9% кремнезему.

Якість концентратів, одержаних на гірничо-збагачувальних комбінатах Криворіжжя значно поступає якості продукції, пропонованою закордонними фірмами. Це зменшує конкурентоспроможність даної сировини на міжнародних ринках. Від якості концентрату і підготовлених з нього агломерату та обкотишів залежать техніко-економічні показники роботи металургійних підприємств і собівартість металу.

Основними факторами, які визначають вибір компаній – постачальників залізорудної сировини на світовому ринку і ціну її продукції, є: масова частка цінного компоненту, гранулометричний склад і вміст вологи в ній.

Зріст попиту світового ринку на високоякісні низько кремнеземні окатиші, що придатні не тільки для доменного виробництва, але і для технології їх прямої металізації призвело до необхідності удосконалення технологічних схем збагачення розроблених та спроектованих у минулому столітті.

Перед виробниками стоїть актуальне завдання отримання конкурентоспроможних концентратів з залізорудної сировини гірничозбагачувальних комбінатів Криворізького залізорудного басейна. Для кожного комбінату необхідно визначити оптимальну технологію виробництва високоякісних концентратів, виходячи з виробничих умов.

Аналіз досліджень і публікацій. Практично у всіх країнах світу відбувся різкий ріст вимог до якості залізорудної продукції. Проблему підвищення його якості вирішують не тільки виробники, а й науковців, які щодня працювали і працюють у тандемі з ними.

Аналіз результатів їх досліджень показує, що основний приріст масової частки заліза в концентратах отримують за рахунок удосконалення операцій рудопідготовки, стадіального виділення концентратів, використання модернізованих магнітних сепараторів, введення в технологію операцій передзбагачення

Загальні питання технологій збагачення

вихідної сировини (суха магнітна сепарація), а також операцій доводки чорного концентрату (тонке грохочення, флотаційна доводка).

Постановка завдання. Для розробки оптимальних заходів з підвищення вмісту заліза на ПрАТ "ПівнГЗК" необхідно детально проаналізувати світову практики та дослідження вітчизняних науковців з питання залучення до виробництва тонковкраплених магнетитових кварцитів. Виявити особливості речовинного складу вихідної сировини, що впливають на вибір режиму ведення кожної з операцій. Виявити найбільш прогресивні технологічні рішення в схемах, що використовуються для отримання конкурентноспроможного магнетитового концентрату.

Викладення матеріалу та результати. На вітчизняних і зарубіжних збагачувальних фабриках отримали застосування три основні способи підготовки руд до збагачення:

- стадіальне дроблення і подрібнення кулями і стрижнями;
- стадіальне дроблення і рудногалічне подрібнення;
- одностадійно крупне дроблення і самоподрібнення (напівсамоподрібнення) до кінцевої або проміжної крупності. В останньому випадку самоподрібнення (напівсамоподрібнення) доповнюється рудно-галічним або кульовим подрібненням. Кожен спосіб характеризується певними технологічними схемами і відповідною технікою.

За результатами досліджень, проведених інститутом Механобрчормет з питання впливу крупності дробленої руди на продуктивність млинів I стадії встановлено, що при зниженні розміру середньозваженого діаметра дробленої руди (для руди ПрАТ "ПівнГЗК") на 1 мм, продуктивність головних млинів зростає на 1,12% при збереженні практично близьких показників збагачення.

До числа найбільш розповсюджених видів обладнання для розмелювання традиційно відносяться горизонтальні кульові млини. Однак в останній час подібне обладнання за своїми технічними характеристиками вже не може в повній мірі відповідати загальносвітовим тенденціям ринку. У зв'язку з швидким зростанням цін на енергію та залученням до переробки важкозбагачувальних тонковкраплених руд, спеціалісти підприємств гірничої промисловості все частіше замислюються про впровадження та використання нових технологій.

Одним з таких впроваджень є використання вертикальних млинів Vertimill[®] компанії Metso. Вони дозволяють отримати матеріал крупністю 20 мкм при крупності живлення 6 мм.

На ринку Росії та СНД технологія Vertimill[®] була вперше застосована в 2009 році на ВАТ "Учалінський ГЗК", де була встановлена млини Vertimill-1500-WB в узлі дозбагачення хвостів флотації. У даний час реалізуються проекти з застосуванням технології Vertimill[®] на ГМК "Норільський нікель" (Росія), ПрАТ "Полтавський ГЗК" (Україна) та ТОВ "Алтай Поліметали" (Казахстан) з використанням найпотужніших верстатів Vertimill[®] [1].

Для підвищення якості магнетитового концентрату в зарубіжній практиці застосовують індукційно-роликові високоінтенсивні магнітні сепаратори фірми "Гумбольт", поліградієнтних сепараторів типу "Джонс" фірм "Клекнер" (Германія), "Бокс-Рapid" (Англія) і т.д. [2].

Основні проблеми магнітного збагачення пов'язані з переробкою тонковкраплених руд є залежність магнітної сприятливості мінералу від його крупності. Так для частинок крупністю менше 20 мкм магнітна сприятливість і магнітна сила звичайно у 2-3 рази нижча, ніж для крупних частинок. Актуальним являється удосконалення технологічного обладнання в створенні сепараторів з різною напруженістю магнітного поля, для збагачення матеріалу за вузькими класами крупності [3-5].

В якості операції передзбагачення застосовують суху магнітну сепарацію. Вона дозволить підвищити масову частку заліза і стабілізувати речовинний склад матеріалу, що потім надходить на подрібнення і мокру магнітну сепарацію матеріалу, знизити питомі витрати на подрібнення, скоротити витрату води і підвищити якість кінцевого концентрату. Останні досягається завдяки попередньому виведенню з процесу у вигляді сухих кускових хвостів бідних важкорозкривних зростків [6].

Суху магнітну сепарацію використовують на ПрАТ "ІнГЗК", ПрАТ "ЦГЗК" та ПрАТ "ПГЗК".

На Інгулецькому ГЗК встановлені сепаратори ВПБС-90/250 які дають можливість виділення від 6-13,5 % відвальних хвостів і збільшення масової частки заліза на 1,4-2,25% у промпродукті.

Проведені дослідження з сухої магнітної сепарації на ПАТ "Південний ГЗК" показали, що з багатих магнетитових кварцитів може бути виділено 4-5% відвальних хвостів, з бідних силікат-карбонат магнетитових кварцитів виділяється до 30% з масовою часткою заліза магнітного до 1,5%. Виділення відвальних хвостів при сухій магнітній сепарації дозволило на 4,8-6,6% підвищити питому продуктивність млинів, на 2% підвищити масову частку заліза в I ст., стабілізувати вихідне живлення на фабрику збагачення.

На закордонних залізрудних магнітно-збагачувальних фабриках для підвищення масової частки цінного компонента в концентраті застосовують барабанні магнітні сепаратори з різною напруженістю магнітного поля за стадіями збагачення. На першій стадії сепарації, є підвищена напруженість магнітного поля (до 1750 Е), для подальших стадій сепарації використовуються сепаратори з мінливою напруженістю магнітного поля по колу (від 1200 до 900 Е), а в останній стадії – із зниженою напруженістю (750-800 Е). Це дозволяє підвищити масову частку заліза в концентратах з 62 до 65 % без зниження вилучення металу [7].

З метою підвищення якості концентрату на окремих комбінатах в якості доводочної операції використовується тонке грохочення (Костомукшський ГЗК), що дозволяє підвищити масову частку заліза з 65,7 до 67,6% з одночасним підвищенням вилучення цінного компонента з 76,4 до 78,0%. Для даної операції на багатьох підприємствах застосовуються грохоти "Деррик" [8].

Загальні питання технологій збагачення

У наш час за кордоном в промисловому масштабі для обробки дуже тонко-вкраплених магнетитових кварцитів все частіше застосовується флотаційне збагачення. Для підготовки руди до флотації застосовують схему стадійного дроблення і стандартного подрібнення в стержньових і кульових млинах. При цьому з руди з масовою часткою Fe 36-39% одержують концентрат близько 70% при достатньо високому (84,3%) вилученні заліза.

У лабораторних умовах при флотаційному доведенні магнетитових концентратів ПАТ "Південний ГЗК" на технічній воді при природному рН = 8,3 і витраті збирачів 100-150 г/т отримано концентрат з масовою часткою заліза 68,2-70,6% [9, 10].

Магнітно-флотаційна доводка концентратів на Інгулецькому ГЗК забезпечує отримання флотаційного концентрату з вмістом заліза 69% при вилученні заліза у концентрат 96% (від операції). Процес ведуть на жорсткій технічній воді.

Технологічна схема фабрики (Бразилія), в якій в існуючий флотаційний цикл збагачення додані колонні машини. Одна колонна машина додана у кожну секцію в операцію II переробки. Вміст кремнезему в живленні II переробки коливається в межах від 1 до 6%, тому однієї стадії флотації у колонних машинах достатньо, щоб отримати або концентрат для прямого відновлення, або для доменної печі. Колонна машина в операцію промпродуктової флотації додана в технологічну схему, щоб підвищити вилучення тонких фракцій, особливо у період випуску концентрату для прямого відновлення.

Найбільша кількість залізорудних підприємств, які використовують флотацію у колонних машинах характерно для Бразилії, Канади, США та Індії [11].

Доведення флотацією магнетитових концентратів за кордоном здійснюється в основному в машинах Wemco, які відрізняються керованою циркуляцією, здатністю працювати на грубому продукті, і дають високе вилучення. До підприємств, що використовують машини Wemco відносяться: Емпайр; Min. Co; Тілден (США); Адамс; Грифіт Шерман (Канада); Кирканс (Норвегія); Кируна (Швеція); Бонг Рейндж (Ліберія) [12].

Останнім часом декількома залізорудними компаніями в Бразилії, Канади, США, Венесуели, Індії ведуться активні дослідження по доведенню залізорудних концентратів методом зворотної катіонної флотації в колонних машинах [13].

Підприємство RICO MINE (Бразилія) використовує встановлені колонні флотомашини для збагачення дрібних класів гематитової руди крупністю мі-нус 0,15 мм. Технологічна схема включає основну, контрольну і переробку флотацію. Для зниження витрати збирача використовують дизельне паливо, для підкислення пульпи, що скидається в хвостосховище, використовують вуглекислий газ [14].

Висновки та напрямки подальшого дослідження. Для підвищення масової частки цінного компоненту у концентраті збагачення магнетитових руд необхідно індивідуально підходити до сировини кожного гірничо-збагачувального комбінату. Кращі показники за собою залишає флотаційна доводка залізоруд-

них концентратів. З технологічної точки зору є найбільш досконалим і кардинально вирішує проблему виробництва чистих залізородних концентратів, аж до отримання моно мінеральних фракцій. Доведення має мету знизити вміст кремнезему у формі кварцу і силікатів, що дозволяє використовувати окатиші для подальшої металізації.

Аналіз структурних технологічних схем збагачення тонковкраплених магнетитових руд показує, що найбільш ефективним методом підвищення якості залізних концентратів є "зворотна" катіонна флотація, з вилученням породоутворюючих мінералів у пінний продукт.

Таким чином, для підвищення якості магнетитових концентратів ПрАТ "ПівнГЗК" доцільно розробити технологію доводки з використанням катіонної флотації. Це дозволить підвищити вміст цінного компоненту до 70,0%. Для цього необхідно детально вивчити речовинний та гранулометричний склад сировини, її фізико-механічні властивості, які будуть суттєво впливати на процес збагачення, а також забезпечити зворотній водооборот технологічної води з будівництвом резервуарів для аварійного скидання реагентної суміші.

Список літератури

1. Смирнов Ю. Вертикальные мельницы Vertimill®: эффективно и доступно // Горная промышленность. – 2013. – Вып.2 – С. 82.
2. Кушнирук Н.В., Комогорцева В.В. Аналітичний огляд технології збагачення окислених залізних руд у вітчизняній і зарубіжній практиці // Вісник КНУ. – 2013. – Вип. 34. – С. 76-81.
3. Кармазин В.В., Кармазин В.И. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых. – М.: Изд-во МГТУ. 2005. – Т.1.
4. Кармазин В.И., Кабищев С.Г. Получение предельнобогатых концентратов // Горно-рудная промышленность. – 1962. – № 3.
5. Кармазин В.И., Остапенко П.Е. Опыт получения концентратов высокой чистоты из бедных железных руд // Горный журнал. – 1961. – № 5.
6. Кушнирук Н.В., Литвин Ю.С. Вивчення впливу крупності живлення на процес сухої магнітної сепарації // Международная научно-техническая конференция "Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку" КТУ – 2010. – С. 272-273
7. Колосов В. А. Новые технические решения по использованию сухой магнитной сепарации в технологии обогащения / В.А. Колосов, В.А. Пивень, А.В. Кривошеев и др. // Бюл. "Черная металлургия". – 2002. – № 1. – С. 21-23.
8. Дюбченко, В.А., Патковская Н.А., Тасина Т.И. Перспективы повышения качества железородного концентрата ОАО "Карельский окатыш" // Обогащение руд. – 2012. – № 6. – С. 712.
9. Остапенко П.Е. Обогащение железных руд. – М.: Недра, 1977. – 274 с.
10. Белаш Ф.Н. Пути освоения флотации железных окислов в Криворожском бассейне. // Изв. Вузов, Горный журнал. – 1960. – № 3.
11. Глембоцкий В.А., Бехтле Г.А. Флотация железных руд. – М.: Недра, 1964. – 223с.
12. Белаш Ф.Н., Андреева А.И. Влияние окислителей и кислорода воздуха на флотацию гематита и магнетита // Горный журнал, – 1961. – №6.
13. Богданов О.С., Максимов И.И., Поднек А.К., Янис. Теория и технология флотации руд. – М.: Недра, 1990. – 363с.

Загальні питання технологій збагачення

14. Гристан Е.Л., Турецкий Я.М. Получение высокосортных железных концентратов методом флотации // Бюллетень ЦИИН ЧМ. – 1961. – №10.

© Кушнірук Н.В., 2017

*Надійшла до редколегії 22.09.2017 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*