

ритм и программное обеспечение скважинного рудничного радиометра. Устройство позволяет проводить каротаж подземных скважин, автоматизирует процесс записи измерений, позволяя заменить непроизводительный ручной труд машинным, обеспечивает связь с ЭВМ для передачи массива измерений. В ЭВМ осуществляется обработка данных каротажа, построение диаграмм и формирование каталога геофизического опробования.

В процессе промышленной эксплуатации появилась необходимость автоматизировать привязку данных каротажа к глубине скважины. Разработанное программное обеспечение позволяет осуществлять такую привязку в автоматическом режиме.

Так как в настоящее время глубина погружения зонда в скважину определяется при помощи насечек на подающих штангах, что значительно снижает производительность труда и не исключает появления ошибок, в дальнейшем представляется необходимым дополнить рудничный радиометр датчиком глубины расположения зонда в скважине.

Список литературы

1. **Мейер В.А.** Основы ядерной геофизики/ В.А. Мейер, П.А. Ваганов. -Л.: Издво Ленинградского университета, 1985. –408 с.
2. **Азарян А.А.** Качество минерального сырья/ А.А. Азарян, В.А. Колосов, Л.А. Ломовцев, А.Д. Учитель. -Кривой Рог: Минерал, 2001. –201 с.
3. **Резванов Р.А.** Радиоактивные и другие неэлектрические методы исследования скважин: Учебник для вузов. –М.: Недра, 1982. –368 с.

УДК 622.7

О.В. БУЛАХ, канд. техн. наук, О.О. БУЛАХ, ассистент,
Криворізький технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБАГАЧЕННЯ ОКИСЛЕНИХ ЗАЛІЗНИХ РУД

Проведено огляд технологій збагачення окислених залізистих кварцитів у вітчизняній та закордонній практиках та сучасних наукових розробок з підвищення якості концентрату. Показано ряд технологій та особливостей їх впровадження, які дозволяють отримати високоякісні концентрати.

Проведен обзор технологий обогащения окисленных железистых кварцитов в отечественной и зарубежной практиках и современных научных разработок по повышению качества концентрата. Показан ряд технологий и особенности их внедрения, которые позволяют получить высококачественных концентраты.

Проблема та її зв'язок з науковим та практичним завданням. Збагачення окислених залізних руд гематито-мартитового складу вирішується різними способами, в залежності від складу порожніх порід (кремнеземних, глиноземних або скарнових), текстурно-структурних особливостей руди і вкрапленістю рудних і нерудних мінералів. Так як ці руди є слабомагнітними та схильними до переподрібнення, то необхідна розробка найбільш перспек-

тивної технології рудопідготовки та збагачення окислених залізистих кварцитів Кривбасу, яка зумовлена, перед усім, зростаючою потребою у високоякісній залізородній сировині для металургійного виробництва.

Аналіз досліджень і публікацій. Руди різних типів відрізняються текстурно-структурними особливостями та мінеральним складом, що зумовлює необхідність використання різних методів і технологій їх збагачення. У зв'язку з цим, глибина збагачення та технологічні показники при переробці руди визначаються її речовинним складом, характером вкрапленості компонентів та ефективністю застосовуваних методів їх збагачення [1].

Як правило, окислені залізисті кварцити збагачуються магнітною сепарацією у сильному полі. Існуючі технології збагачення слабомагнітної мінеральної сировини засновані на різниці в магнітних властивостях рудної і нерудної складової, що дозволяє, використав магнітну сепарацію в сильних високо інтенсивних полях з індукцією поля більше 1,2 Тл, отримувати порівняно високі якісні показники розділення [2].

Але, при використанні цього процесу основною проблемою отримання високоякісних концентратів є взаємна флокуляція рудних та нерудних частинок, а також наявність у сировині гідроксидів заліза, що утворюють плівку на поверхні нерудних мінералів і тим самим, за рахунок вилучення цих комплексів у концентрат, знижують якість кінцевих продуктів. Для отримання високоякісних та високоякісних концентратів необхідно, насамперед, розробка нових або вдосконалення процесів збагачення окислених залізистих кварцитів.

Постановка завдання. На сьогоднішній день у вітчизняній та закордонній практиці накопичено певний досвід підготовки та збагачення окислених залізних руд різними методами, які забезпечують підвищення ефективності та інтенсифікації цих процесів.

При переробці окислених залізистих кварцитів за кордоном використовують різні методи збагачення: гравітаційний – на гвинтових сепараторах, концентраційних столах, в конусах Рейхарта та у відсадних машинах; пряму та зворотну флотажію; магнітну сепарацію у слабкому та сильному полях; електричну сепарацію [3].

Але, окислені залізисті кварцити, що видобуваються за кордоном за речовинним складом та вкрапленістю дещо відрізняються від вітчизняних. Для окислених кварцитів Кривого Рогу необхідна крупність подрібнення до 98 % класу мінус 0,044 мм, тому просте копіювання технологій закордонних фабрик не забезпечить отримання високоякісного концентрату.

Проблема промислового впровадження технології збагачення окислених залізних руд Кривбасу пов'язана з розробкою раціональної технології рудопідготовки та збагачення. При виборі схем подрібнення й обладнання необхідно керуватися як техніко-економічними розрахунками, так і фізико-механічними та технологічними особливостями руд [4].

Викладення матеріалу і результати. Збагачення окислених залізних руд здійснюється за комбінованими магнітно-гравітаційними, магнітно-флотажію-гравітаційними схемами збагачення. Руду, крупніше 1 мм збага-

чують сепарацією у важких середовищах, дрібні класи – у відсадочних машинах або гвинтових сепараторах, а матеріал, крупністю від 1 до 0,045 мм – високоградієнтною магнітною сепарацією. На деяких підприємствах використовують діафрагмові відсадочні машини для вилучення гематиту з хвостів магнітної сепарації (Оленегірський ГЗК), повітряно-пульсаційні відсадочні машини (Лисаківський ГЗК). На закордонних фабриках розпочали використовувати пневматичні машини типу “Батак” і “Такуб” для некласифікованої і класифікованої руди крупністю 10-0 мм. Завдяки тому, що машини такого типу оснащені покращеними автоматизованими системами керування процесом, то досягаються високі технологічні показники і продуктивність до 450 т/год [1].

Переробка бідних і тонковкраплених, важкозбагачуваних окислених кварцитів, аналогічних вітчизняним кварцитам Кривого Рогу, за кордоном здійснюється на підприємствах США – Гровленд, Тілден, Емпайр, Ріпаблік; Канади – Лак-Женін, Порт-Картье, Маунт Райт, Сет-Іль; Бразилії – Жерману, Кауе; КНР – Цидашань [5].

На фабриці Ріпаблік передбачається три стадії дроблення, дві стадії подрібнення та пряму флотацію залізних мінералів жирними кислотами. На багатьох фабриках у якості реагенту-збирача використовують аміни. Флотаційний метод збагачення залізородної сировини потребує досить точного дозування реагентів і вельми важливий фактор – це температурний режим флотації. Через це більшість фабрик працює приблизно 9 місяців на рік. Бідні тонковкраплені окислені залізисті кварцити (подібні вітчизняним) у промисловому масштабі збагачують зворотною катіонною флотацією при підготовці руди у млинах самоподрібнення з частковим додаванням реагентів – регуляторів середовища та збирачів.

Основний недолік цієї технології в умовах Кривого Рогу – це екологічна напруженість через використання реагентів, які містять канцерогенні речовини.

Для покращення процесу рудопідготовки та подальшого збагачення залізородної сировини проводилися дослідження шляхом направленої зміни властивостей мінералів. Для модифікування поверхневих та об’ємних властивостей мінералів, зниження міцнісних властивостей при подрібненні і підвищення їх контрастності при збагаченні проводилися дослідження з використанням різних видів енергетичних впливів – радіаційних, плазмених, енергії прискорених електронів, ультразвукових, електрохімічних та інших [6, 7].

Досить точні результати отримано при селективності подрібнення руди шляхом попереднього її знеміцнення електричними розрядами з енергією в імпульсі 2-3 кДж та інтенсивністю напруги 2-3 імпл/кг. За даними стендових випробувань приріст продуктивного класу у розвантаженні млина склав 10–12 % без переподрібнення рудного мінералу [8, 6].

Реальність впровадження даного методу в промислових умовах практично мала за рахунок складності його впровадження за нормами безпеки експлуатації млинів та ефекту, який отримується.

Враховуючи реальність процесу подрібнення залізородної сировини, виконано експериментальні дослідження з відтирання магнетитового концент-

рату останнього прийому сепарації в кульовому млині, який працює у відкритому циклі з додаванням поліелектроліту 50 г/т [9].

Реалізація такої технології, на думку автора, забезпечить отримання концентрату на ГЗК Кривбасу з масовою часткою заліза 68–69 %. Для реалізації зазначеної технології необхідно додатково задіяти кульовий млин на кожну секцію та дешламатор. Крім того, втрати мінералів, які містять залізо з відходами першої, другої стадій подрібнення, неминучі.

Виявлено можливість інтенсифікації магнітного збагачення у полі з низькою напруженістю з використанням кислотної обробки. Ефект підвищення якості залізородного концентрату з 65,2 до 66,9 % можна досягти при витратах кислоти 2 кг/т з метою усунення адгезійної та магнітної флокуляції рудних і нерудних зерен. Така технологія, незважаючи на позитивний результат, отриманий у лабораторних умовах, не впроваджена у виробництво внаслідок високих витрат кислоти [10].

Аналогічні дослідження проведено при збагаченні магнетитових кварцитів Соколово-Сарбайського родовища з попередньою обробкою пульпи реагентами типу: гексаметафосфат натрію, ОП-4 та поліетиленполіамін, завдяки чому збільшили якість концентрату мокрої магнітної сепарації на 1–1,3 % [11]. Недоліком вказаних технологій є те, що з усього реагенту, який витрачається, лише 40 % закріплюється безпосередньо на мінералі, а решта – витрачається безцільно.

Обробка реагентами безпосередньо мінералів сприяє більш високій ефективності їх використання та одночасно забезпечує високий ступінь очистки поверхні рудних мінеральних зерен від дисперсних частинок нерудних мінералів.

За рахунок того, що у процесі рудопідготовки залізородної сировини на активних центрах мінералів, які руйнуються, закріплюються дисперсні частинки інших мінералів, проводилися дослідження зі збагачення її за складними комбінованими схемами [12, 13]. Вдавалось підвищити якість концентрату до 65 % заліза при загальних втратах у хвостах до 18 %, при цьому витрати на збагачувальний переділ збільшуються в 1,3–1,4 рази, що викликає сумнів промислового впровадження даних технологічних схем.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, у світовій практиці зберігається тенденція отримання високоякісних залізородних концентратів з тонковкраплених і середньовкраплених руд. З огляду досвіду роботи передових збагачувальних фабрик ближнього та далекого зарубіжжя, нових, досить перспективних розробок щодо отримання високоякісного залізородного концентрату з окислених руд встановлено, що необхідна особлива технологія підготовки руди та її збагачення.

Флотаційна доводка чорнових концентратів потребує великих капітальних та експлуатаційних витрат. Тому вишукування нової технології підготовки залізородної сировини при високому ступені розкриття рудних зерен та подальше їх збагачення за екологічно безпечною технологією буде забезпечувати вирішення завдання.

Аналіз показує, що у зв'язку зі зменшенням запасів багатих магнетитових руд зростає світовий попит на концентрати, отримані з бідних окислених руд. Для виробництва таких концентратів потрібно вдосконалення технологій рудопідготовки методом кульового подрібнення і магнітного збагачення окислених руд.

Список літератури

1. **Авдохин В.М.** Современное состояние и основные направления развития процессов глубокого обогащения железных руд / В.М. Авдохин, С.Л. Губин // Горный журнал. –2007. –№ 2. –С. 58–64.
2. **Кармазин В.И.** О повышении эффективности высокоградиентного обогащения илистых фракций окисленных железистых кварцитов при использовании матрицы с вертикальным намагничиванием / В.И. Кармазин, Л.Ф. Мостепан, К.А. Левченко // Современное состояние и перспективы развития техники и технологии магнитного обогащения руд и материалов. –Кривой Рог. –1994. –С. 29–30.
3. **Voussef M.A.** Reduction roast and magnetic separation of oxidized iron ores for the production of blast furnace feed / M.A. Voussef //Canadian Metallurgical Quarterly. –Vol. 37. –№ 5. –P. 419–428.
4. **Пирогов Б.И.** О некоторых особенностях слоистости железистых кварцитов Криворожского бассейна / Б.И. Пирогов, В.М. Малый // Геолого-мінералогічний вісник. –Кривий Ріг: КТУ, 2000. –№ 1, 2. –С. 194–196.
5. **Cleveland – Cliffs Tilden expansion features new precans technology** // Engineering and Mining Journal. –1998. –Vol. 179. –№ 10. –25 p.
6. **Юсупов Т.С.** Направленное изменение свойств минералов в условиях переработки минерального сырья на основе механического активирования / Т.С. Юсупов // Новые процессы в комбинированных схемах обогащения полезных ископаемых. –М.: Наука, 1989. –С. 202–207.
7. **Зимин А.И.** Активизация агрессивной среды при мокром измельчении / А.И.Зимин, Л.А. Минухин // Изв. вузов. Горный журнал. –2003. –№ 5. –С. 128–134.
8. **Задорожний В.К.** Повышение селективности измельчения руды путём предварительного её разупрочнения / В.К. Задорожний, А.И. Рокаев, Л.Ф. Биленко // Обогащение руд. –1985. –№ 5. –С. 2–4.
9. **Пилов П.И.** Повышение качества магнетитовых концентратов путем их механической обработки / П.И. Пилов // Горный журнал. –1999. –№ 6. –С. 30–32.
10. **Аллилуев Н.И.** Лабораторные и полупромышленные испытания для получения высококачественных магнетитовых концентратов / Н.И. Аллилуев, В.С. Уваров, Е.Ф. Ветрова // Обогащение руд черных металлов. –М.: Недра, 1973. –Вып. 2. –С. 98–105.
11. **Ломовцев Л.А.** Новые направления повышения эффективности магнитной сепарации магнетитовых руд / Л.А. Ломовцев, В.Д. Потапов, Г.М. Болотова // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. –М.: Акад. наук СССР, 1973. –№ 4. –С. 77–83.
12. **Арсентьев В.А.** Усовершенствование технологии обогащения окисленных железных руд по комбинированной схеме / В.А. Арсентьев, Т.В. Дендюк, Т.П. Алешкина // Обогащение руд. –1987. –№ 1. –С. 17–20.
13. **Губин Г.Г.** Интенсификация процесса магнитной сепарации железных руд с использованием электровоздействий / Г.Г. Губин, Г.М. Курочкин, П.В. Бушуев // Обогащение полезных ископаемых. –1989. –Вып. 39. –С. 14–19.