Вибрано та розраховано основне технологічне обладнання, яке передбачає застосування сучасних грохотів ГІСЛ; барабанних сепараторів ПБМ-90/250; індукційно-роликових сепараторів ЕВМ; кульових млинів МШР-32*31; гвинтових сепараторів, стрічкових та дискових вакуум-фільтрів.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, розроблена технологія переробки залізовмісних хвостів передбачає: магнітну сепарацію у слабому та сильному магнітному полях; додрібнення грубого гематитового концентрату до 0,5-0 мм і три прийоми гравітації. Технологічні випробування показали, що залізовмісні хвости шламосховища №2 можуть успішно збагачуватися магнітно-гравітаційним методом. При цьому можливо отримати залізовмісний концентрат, що може бути використаний в якості шихти для отримання агломерату.

Список літератури

1. Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики / **О. С. Богданов, О. А. Олевский.** М., Недра, 1980. 527с.
2. **Ащеулов В.Н., Кривицкий В.В., Барсов В.А.** Совершенствование технологии обогащения и окомкования // Горный журнал – 2004.– № 7.– С. 5-8.
3. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / **О. С. Богданов, О. А. Олевский.** М., Недра, 1980. 207с.
4. **Олевский В.А.** Размольное оборудование обогатительных фабрик // М., 1963 г.
5. **Сухорученков А.И., Стаханов В.В., Зайцев Г.В.** Тонкое грохочение – высокоэффективный метод повышения технологических показателей обогащения тонко-вкрапленных магнетитовых руд // Горный журнал – 2001.– № 4.– С. 9–17.

Рукопис подано до редакції 25.03.14

УДК 622.765: 622.34

Н.В. КУШНІРУК, канд.техн.наук, доц., М.Б. ПОЛОВИНКИНА, магістр
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗАЛІЗОРУДНИХ КОНЦЕНТРАТІВ ПАТ «ПівнГЗК»

Виконано аналіз заходів підвищення вмісту цінного компоненту у магнетитових концентратах на гірничозбагачувальних підприємствах України, країн СНД та дальнього зарубіжжя. Основними є операції передзбагачення вихідної сировини (суха магнітна сепарація) та доведення чорнового концентрату (тонке грохочення, флотаційна доводка), стадіальне виділення концентратів, використання модернізованих магнітних сепараторів. Встановлено перспективний метод отримання конкурентноспроможнього продукту збагачення з тонковкраплених магнетитових кварцитів ПАТ «ПівнГЗК». Це є зворотна катіонна флотація у колонних машинах. За допомогою її використання, в якості операції доводки, можливо підвищити вміст цінного компоненту в кінцевому концентраті на 4,5 %.

Постановка проблеми. У теперішній час Україна займає провідне місце у світовому балансі залізорудної сировини по запасах, виробництву, споживанню та експорту продукції. Загальні запаси залізних руд в Україні оцінюються в 27,4 млрд т [1].

Основне промислове значення мають магнетитові руди з вмістом 31-35% заліза, з яких методом багатостадійної магнітної сепарації отримують концентрати з вмістом 65-68 % заліза і 7-9 % кремнезему. Виснаження запасів багатої сировини і залучення у переробку магнетитових кварцитів, що відрізняються тонким вкрапленням рудних і нерудних мінералів, складністю структурно-текстурних особливостей і речовинного складу разом з підвищенням попиту на світовому ринку на високоякісні низькокремністі концентрати, що містять не менше 70 % заліза і не більше 3 % кремнезему, змушують виробників залізорудної продукції модернізувати свої технологічні схеми, шукати можливість їх удосконалення або введення додаткових способів обробки. Від якості концентрату і підготовлених з нього агломерату та обкотишів залежать техніко-економічні показники роботи металургійних підприємств і собівартість металу.

Тому перед виробниками стоїть актуальне завдання з отримання конкурентноспроможніх концентратів з залізорудної сировини.

Аналіз досліджень і публікації. Практично у всіх країнах світу відбувся різкий зріст вимог до якості залізорудної продукції. При цьому залізорудні концентрати, що одержані за магніт-

© Кушнірук Н.В., Половінкіна М.Б., 2014

ною технологією як на підприємствах України, так і за кордоном, знаходиться на одному рівні - від 60,2 до 67,6 %. Основний приріст масової частки заліза в залізорудних концентратах отримують за рахунок введення в технологію операцій передзбагачення вихідної сировини (суха магнітна сепарація) та доведення чорнового концентрату (тонке грохочення, флотаційна доводка), стадіального виділення концентратів, використання модернізованих магнітних сепараторів.

При аналізі наукових досліджень було встановлено, що найбільш перспективною та ефективною операцією для підвищення вмісту заліза у концентраті є операція флотаційної доводки. При її використанні можна підвищити масову частку заліза в кінцевому продукті до 67,5-71,8 % і знизити вміст кремнезему до 2 % і менше. Так на підприємствах, Пі- Рідж (США), Мальбергст (Швеція), Лебединський ГЗК (РФ) на доводочних відділеннях виробляють особливо чисті концентрати (69-70 % заліза і до 2,5% кремнезему), які використовуються для електросталеплавильного виробництва, акумуляторної промисловості (відповідно 71-71,2 і до 1%) та порошкової металургії (71,4-71,8 і до 0,3 %) [1].

Постановка завдання. Для розробки оптимальних заходів з підвищення вмісту заліза на ПАТ «ПівнГЗК» необхідно зробити аналіз світової практики залучення до виробництва тонко вкраплених магнетитових кварцитів. Виявити особливості речовинного складу вихідної сировини, що впливають на вибір режиму ведення процесу операції доводки. Виявити найбільш прогресивні технологічні рішення в схемах, що використовуються.

Викладення матеріалу та результати. Одним з напрямків підвищення якості магнетитового концентрату в зарубіжній практиці має застосування індукційно–роликових високоінтенсивних магнітних сепараторів фірми «Гумбольт», поліградієнтних сепараторів типу «Джонс» фірм «Клекнер» (Германія), «Бокс- Рапід» (Англія) і т.ін.

Основні проблеми магнітного збагачення пов’язані з переробкою тонковкраплених руд, оскільки 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 [2-4].

В якості операції передзбагачення застосовують суху магнітну сепарацію. Вона дозволяє стабілізувати речовинний склад вихідної сировини, підвищити вміст цінного компоненту у концентраті та знизити витрати води у технологічному процесі. Суха магнітна сепарація в основному застосовується на підприємствах Уралу, Сибіру і Казахстану (ССГПО), Михайлівському, Стойленському комбінаті (Росія) і Інгулецькому ГЗК (Україна) [5].

Проведені досліди по сухій магнітній сепарації на ПАТ «Південний ГЗК» показали що з багатих магнетитових кварцитів може бути виділено 4-5% відвальних хвостів, з бідних силікат-карбонат магнетитових кварцитів виділяються 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 І ст., стабілізувати вихідне живлення на фабрику збагачення.

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

На закордонних залізорудних магнітно-збагачувальних фабриках для підвищення масової частки цінного компоненту 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 [6]. Високі технологічні показники по доведенню магнетитового концентрату отримані із застосуванням магнітно-гравітаційного класифікатора типу (МГК-1500), промислові випробування якого проведені на Костомукшському і Лебединському ГЗК. Показано, що при використанні МГК-1500 масову частку заліза в концентраті на Костомукшському ГЗК підвищено до 68,5-69,0 % без використання тонкого грохочення. На Лебединському ГЗК вказаний апарат дозволив отримати концентрат з масовою часткою заліза 70,0-71,0 % без використання зворотної флотації, але без виділення відвальних хвостів, тобто з отриманням двох концентратів [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 компоненту з 76,4 до 78,0 %. Для даної операції на багатьох підприємствах застосовуються грохоті «Деррік» [8].

У наш час за кордоном в промисловому масштабі для обробки дуже тонковкраплених 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 pH = 8,3 і витраті збирачів 100 - 150 г/т отримано в концентратах вміст заліза: з амінами - Березняківського «АО Азот» 68,2 - 70,6 %, з діамінами ДА-16 фірми Tomah Products Jnc (США) - 68,5 -69,5 %, з аміноефірами Procol CK921 DPI-5515 фірми Ciba (Німеччина) - 69,2-69,8 %, з сумішшю амінів кокосового масла «Лілафлот КК АС» фірми Keno Gard (Норвегія) - 69,8 -70,4 %. При використанні збирачів DA-16 і DPI-5515 відзначається незруйновна піна [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 перечистки. Вміст кремнезему в живленні II перечистки 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 Кудремукх (Індія) переробляє 22,6 млн т/рік магнетит-гематитових руд за схемою трьох стадіального магнітного збагачення. Немагнітний продукт прямує на гвинтовий сепаратор, концентрат яких до подрібнюється і поступає на флотацію в машинах колонного типу фірми Cominco. З руди з вмістом заліза 38 % отримують гематито-магнетитовий концентрат з вмістом заліза 67 % і кремнезему 4,0% [14,15].

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

Підприємство Minntac (США) продуктивністю 14,7 млн т/рік окатишів застосовує трьох стадійну схему подрібнення до кінцевої крупності 85 % - 53 мкм. З магнітного продукту останньої стадії, що містить 5,4 % кремнезему, після флотації у механічних машинах Денвер, отримується камерний продукт зі вмістом кремнезему 3,9 %. Пінний продукт флотації піддається зневодненню у гідроциклонах. Їх злив (16 % твердого) містить 13,6 % кремнезему і надходить на флотацію в колонних машинах, де вміст кремнезему зменшується до 7-12 %. Загальний концентрат після флотації містить 69,0 % заліза і 3,6 % кремнезему. Для флотації використовується амін діетилового ефіру і спиртовий спінювач [13].

Висновки та напрямок подальшого дослідження. Флотаційне доведення залізорудних концентратів з технологічної точки зору є найбільш досконалим і кардинально вирішує проблему виробництва чистих залізорудних концентратів, аж до отримання моно мінеральних фракцій. Доведення має мету знизити вміст кремнезему у формі кварцу і силікатів, попутно

знижується вміст лугів ($K_20 + Na_20$), які в основному входять до складу силікатів, що дозволяє використовувати окатиші для подальшої металізації.

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

Отже, для підвищення якості магнетитових концентратів ПАТ «ПівнГЗК» доцільно розробити технологію доводки з використанням колонної катіонної флотації. Це дозволить підвищити вміст цінного компоненту до 70,5%. Для цього необхідно детально вивчити речовинний та гранулометричний склад сировини, її фізико-механічні властивості, які будуть суттєво впливати на процес збагачення.

Список літератури

1. **Орлова В.П., Веригина М.И., Голивкина Н.И**. - Железорудная база России/под ред. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. - 842 с. - ISBN 5 -900357-07-4.
2. **Кармазин В.В., Кармазин В.И**. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых. - М.: Изд-во МГТУ. 2005. - Т. 1.
3. **Кармазин В.И., Кабищер С.Г. и др.** Получение предельно-богатых концентратов//Горнорудная промышленность,- 1962.- № 3.
4. **Кармазин В,И,, Остапенко П.Е.** Опыт получения концентратов высокой чистоты из бедных железных руд//Горный журнал.- 1961.- № 5.
5. **Кретов СИ.** Основные закономерности сухой центробежной магнитной сепарации железистых кварцитов // Горный журнал. - 2006. - №7.
6. **Зайцев Г.В.** Современные направления развития техники и технологии производства высококачественного железорудного концентрата с высокими технико-экономическими показателями / Зайцев Г.В.// Еженедельник «Стройка». – 13.03.06
7. **Алейников Н.А.** Получение высококачественных магнетитовых концентратов в магнитных полях малой напряженности//Обогащение руд и проблема безотходной технологии. – Л.: Наука. – 1980. – С.73-75.
8. **Стаханов В.В., Зайцев Г.В**. Перспективы применения тонкого грохочения в технологии обогащения железорудного сырья. Отчет НИИ «Уралмеханобр»., Екатеринбург, 2000 г.
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».- I960.- № 3.
11. **Глембоцкий ВА, Бехтле Г.А.** Флотация железных руд. - М.: Недра, 1964. -223с.
12. **Белаш Ф.Н. и 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.
14. **Гристан Е.Л., Турецкий Я.М.** Получение высокосортных железных концентратов методом флотации // **Бюллетень** ЦИИН ЧМ.- 1961.-№10.
15. **Губин Г.В., Олейник Т.А., Татаринов Ф.Г., Осиюк О.Н.** Флотация гематита с помощью «носителей».//Вісник КТУ, 2009.

Рукопис подано до редакції 25.03.14

УДК 622.74.913.3

О.В. БУЛАХ, канд. техн. наук, доц., І.В. ХМІЛЬ, аспірант, О.Л. КОСТЮЧИК, магістрант
Криворізький національний університет

ВИРОБНИЦТВО ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ В УМОВАХ РЗФ-1 ПАТ «ПівнГЗК» З ВПРОВАДЖЕННЯМ У ТЕХНОЛОГІЮ ЗБАГАЧЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ТОНКОГО ГРОХОЧЕННЯ

Розглянуто розвиток процесу тонкого грохочення в Україні та країнах СНД, проведено дослідження на можливість впровадження у технологічну схему збагачення грохотів тонкого грохочення в умовах РЗФ-1 ПАТ «ПівнГЗК».

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Для промисловості чорної металургії України, Росії та інших країн світу характерно постійне збільшення обсягів видобутку і збагачення магнетитових руд. При цьому з одного боку, масова частка заліза у видобуваємих рудах постійно знижується, а з іншого боку - підвищуються вимоги до якості залізних концентратів.

© Булах О.В., Хміль І.В., , Костючик О.Л., 2014