

К. В. НІКОЛАЄНКО, канд. техн. наук, доц., Н.Ф. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, магістр  
Криворізький національний університет

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ РУДОЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ МАГНІТОГОРСЬКОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМБІНАТУ, ЗА СКЛАДОВАНИХ У ШЛАМОСХОВИЩАХ

Розглянуто питання переробки залізовмісних хвостів в умовах рудопідготовчих фабрик Магнітогорського металургійного комбінату шляхом високоградієнтної сепарації та гравітаційного збагачення немагнітного продукту мокрого магнітного збагачення.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Економічний розвиток України заснований на високоінтенсивному промисловому виробництві. На відносно невеликій території утворилися та розвиваються великі територіально-промислові центри, які інтенсивно використовують мінерально-сировинні, енергетичні, водні та земельні ресурси. Через невирішеність питання утилізації шламів та хвостів збагачення склалася катастрофічна проблема їх подальшого складування у дорогі гідротехнічні споруди. Поблизу підприємств вільних від'ємних форм рельєфу місцевості для організації хвостосховищ практично немає.

Складування шламів і хвостів збагачення, яке продовжується, підвищує собівартість основної продукції та вимагає відведення нових земельних угідь. Звісно, це у кінцевому випадку погіршує і до того складний стан оточуючого природного середовища в промислово розвинутих регіонах і в Україні у цілому. Собівартість вилучення і переробки цих металів із вказаних родовищ буде нижчою, ніж вилучення їх із природної сировини, запаси яких в Україні обмежені або взагалі відсутні.

Магнітогорський металургічний комбінат є найбільшим підприємством на Південному Уралі. До складу комбінату входять металургійне і рудопідготовче виробництво. У зв'язку з різким зменшенням запасів власної залізорудної сировини з'явилася необхідність вивчення можливості та доцільності переробки залізовмісних хвостів. Відходи збагачувального виробництва з 1951 року складувались в шламосховище № 2. У даний час в шламосховищі № 2 укладено 145101 тис. т відходів із вмістом заліза 20,49%. Геологорозвідувальною партією розраховані прогнозні запаси шламів, які мають цінність для повторної переробки. Запаси залізовмісних шламів на вивченій ділянці склали 11,46 млн т з середнім вмістом заліза 28,39%.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Дослідження проводилися із застосуванням магнітної сепарації в слабкому і сильному магнітних полях, а також гравітації. Найменування відходів, їх кількість та вміст заліза в кожному з видів відходів представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Відходи, які надійшли в шламосховище №2			
Найменування відходів	Кількість, тис. т	Вихід, %	Вміст заліза, %
Шлами ПОФ-1	82444,0	56,82	25,3
Хвости ММС-1	10485,0	7,22	19,6
Хвости ММС ДОФ-5	42392,0	29,22	16,0
Шлами газоочисних мартенівських цехів	64,7	0,04	58,9
Всього	145101,0	100,0	20,49

Гравітаційна диференціація твердої фази пульпи, внаслідок якої відбувається перерозподіл складованого матеріалу в шламосховищі, обумовлюють поблизу випусків пульпи просторово відокремлених ділянок великих фракцій і фракцій з підвищеним вмістом заліза (у порівнянні з іншими ділянками), що мають промислову цінність для повторної переробки з метою вилучення заліза. На площі шламосховища № 2, з метою контрольного визначення вмісту заліза в укладених на «сухому» пляжі хвостах, геологорозвідувальною партією ГОП пробурено і випробувано 24 свердловини глибиною від 2 до 8 м, відібрано 175 проб з інтервалом 0,5 м. За даними випробування, середній вміст заліза по свердловинах коливається від 15,5 до 34,2%. Максимальний вміст заліза досягло 48,1%, мінімальне 12,4%.

За результатами щорічних замірів : нівелюванням відміток покладених на «сухий » пляж шламів і випробуванням їх по руслу потоку, а також з аналізу проб з пробурених свердловин були розраховані прогнольні запаси шламів, які мають цінність для повторної переробки. Вивчення речового складу залізвмісних хвостів показало, що матеріал представлений гравійно-піщано-глинистими відкладеннями, що містять рудні мінерали: магнетит, мартит, гематит, полумартит і нерудні: вапняки, порфірити, гранати, діоріти, роговики, скарни. Ситовий аналіз показав, що проби представлені в основному класом крупності 1-0 мм. Розподіл заліза по класах крупності нерівномірне, але підвищений вміст заліза в порівнянні з вихідним продуктом спостерігалось в класі 0,071 +0,044 мм від 36,5 до 42,0 %. Результатами хімічного аналізу технологічних проб визначено, що вміст заліза загального відповідно пробам 32,7; 26,3; 34,0. Низький вміст закису заліза (3,6-4,0 %) та високу окису заліза ( 33,4-44,6 %) вказують на те, що рудна частина шламів представлена в основному окисленими мінералами.

Існуючі технології переробки залізвмісних хвостів ґрунтуються на різниці в магнітних властивостях рудної і нерудної складової, що дозволяє, використавши мокру магнітну сепарацію, високоградієнтну магнітну сепарацію з індукцією 0,7 Тл, додрібнення грубого гематитового концентрату до 0,5-0 мм та гравітаційного збагачення отримувати концентрати, що можуть бути використані в якості шихти для отримання агломерату.

**Постановка завдання.** В якості об'єкта мінералогічних і технологічних досліджень використані залізвмісні хвости збагачувального виробництва заскладовані у шламосховище №2 Магнітогорського металургійного комбінату. Основний напрям цієї роботи – розробка технології переробки відходів збагачення з отриманням залізрудного концентрату з вмістом заліза 60,5%, придатного для виробництва агломерату. У процесі досліджень доцільно вивчити необхідність додрібнення великої фракції хвостів до 0,5-0 мм.

**Викладення матеріалу та результати.** За результатами ситового аналізу вихідні хвости представлені матеріалом 5-0 мм, тому мокра магнітна сепарація проводилась на вихідному продукті та класах 5,0+0,25 мм і 0,25-0 мм. Розглянутий варіант мокрої магнітної сепарації класів 5,0+0,25 мм хвостів, подрібнених до 0,25-0 мм. Мокра магнітна сепарація проводилась на сепараторі ПБМ-13/38 при напруженості магнітного поля 1200 ерстед. З класу +0,25 мм отримано 4,47% магнітного продукту з вмістом заліза 65,1% з класу - 0,25 мм 11,94% з вмістом заліза 66,5%. Мокра магнітна сепарація вихідних хвостів в слабкому магнітному полі дозволяє виділити магнетитовий концентрат із вмістом заліза 65,9%. Вихід концентрату становить 16,93%, вилучення заліза в концентрат 32,34%. За результатами досліджень, подрібнення вихідного матеріалу перед мокрою магнітною сепарацією в слабкому магнітному полі не доцільно

Високоградієнтна магнітна сепарація немагнітних продуктів проводилась на індукційно-роликівому сепараторі при зміні напруженості магнітного поля від 3000 ерстед до 12000 ерстед. Досліджувалися немагнітні продукти магнітної сепарації крупністю 5-0 мм та 5,0+0,25 мм та 0,25-0 мм.

Аналіз даних результатів високоградієнтної сепарації показала, що переробка магнітних продуктів крупністю -5,0 мм на стенді при напруженості магнітного поля 3800 ерстед дозволяє виділити сумарний магнітний продукт у кількості 20,89% з вмістом 51,97 %.

Витяг заліза в сумарний магнітний продукт 31,47%.

На підставі результатів збагачення залізвмісних хвостів у слабкому та сильному магнітних полях встановлено, що загальний вихід магнітних продуктів отриманих у слабкому та сильних магнітних полях складає 37,82 % з вмістом заліза 58,21 %. Витяг заліза в загальний магнітний продукт 63,81 %. Вміст заліза в хвостах 20,08 %.

Дослідженнями виявлено, що по технології магнітного збагачення не досягнутий заданий вміст заліза у концентраті 61,0%.

Це пояснюється тим, що при збагаченні у високому полі в магнітний продукт витягуються мінерали пустої породи гранати, роговики. Тому на наступному етапі проведені дослідження з застосуванням гравітації немагнітних продуктів, виділених при збагаченні вихідних хвостів у слабкому магнітному полі.

Гравітаційне збагачення немагнітних продуктів класів 5,0+0,250 мм та 0,25-0 мм здійснювалась на концентраційному столі. У першому прийомі гравітації виділились відвальні хвости, грубий концентрат перечищався. Результати гравітації немагнітних продуктів мокрої магнітної сепарації наведено у табл. 2.

## Результати гравітаційного збагачення немагнітного продукту

Продукти збагачення	Вихід, %	Вміст заліза, %	Вилучення заліза, %
Клас 5,0+0,25 мм			
Основна операція гравітації			
Грубий концентрат	19,7	37,9	21,65
Хвости I	21,83	17,91	11,33
Вихідний продукт	41,53	27,4	32,98
Перечистка грубого концентрату			
Концентрат	16,3	41,87	19,78
Хвости II	3,4	19,0	1,87
Грубий концентрат	19,7	37,9	21,65
Сумарні показники			
Концентрат	16,3	41,87	19,78
Хвости	25,23	18,05	13,20
Вихідний продукт	41,53	27,4	32,98
Клас -0,25 мм			
Основна операція гравітації			
Грубий концентрат	18,81	43,3	23,61
Хвости I	22,73	16,8	11,07
Вихідний продукт	41,54	28,8	34,68
Перечистка грубого концентрату			
Концентрат	12,25	57,0	20,24
Хвости II	6,56	17,72	3,37
Грубий концентрат	18,81	43,3	23,61
Сумарні показники			
Концентрат	12,25	57,0	20,24
Хвости II	29,29	17,01	14,44
Грубий концентрат	41,54	28,8	34,68
Сумарні показники гравітаційного збагачення немагнітного продукту кр. 5,0-0 мм			
Концентрат	28,55	48,36	40,02
Хвости	54,52	17,49	27,64
Немагнітний продукт	83,07	28,1	67,66

Було вивчено вплив додрібнення великої фракції хвостів в інтервалі від 0,5 до 0 мм на показники гравітаційного збагачення.

Таблиця 3

## Результати гравітаційного збагачення класу 5,0+0,25 мм, подрібненого до 0,5-0 мм

Продукти збагачення	Вихід, %	Вміст заліза, %	Вилучення заліза, %
Основна операція гравітації			
Грубий концентрат	19,57	38,4	21,88
Хвости I	21,96	17,44	11,10
Вихідний продукт	41,53	27,4	32,98
Перечистка грубого концентрату			
Концентрат	9,35	55,9	15,14
Хвости II	10,22	22,75	6,74
Грубий концентрат	19,57	38,4	21,88
Сумарні показники			
Концентрат	9,35	55,9	15,14
Хвости	32,18	19,13	17,84
Вихідний продукт	41,53	27,4	32,98
Сумарні показники гравітації немагнітного продукту крупністю 0,5-0 мм			
Концентрат	21,6	56,51	35,38
Хвости	61,47	18,12	32,28
Немагнітний продукт	83,07	28,1	67,66

Аналіз отриманих залежностей (табл. 2,3) показує, що для отримання гравітаційного концентрату із вмістом заліза більше 56,0 % потрібно додрібнення матеріалу до 0,5-0 мм. Загальний вихід концентрату, отриманого у слабому магнітному полі та гравітації складає 39,48 % з вмістом заліза 60,7 %. Вилучення заліза в сумарний концентрат 69,46 %. Вміст заліза у хвостах 17,41 %.

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

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Таким чином, розроблена технологія переробки залізистих 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 залізисті хвости шламосховища №2 можуть успішно збагачуватися магнітно-гравітаційним методом. При цьому можливо отримати залізистий концентрат, що може бути використаний в якості шихти для отримання агломерату.

#### *Список літератури*

1. Справочник по обогащению руд. Обогаительные фабрики / **О. С. Богданов, О. А. Олевский.** М., Недра, 1980. 527с.
2. **Ашеулов 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 обогаительных 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 чорного концентрату (тонке грохочення, флотаційна доводка), стадіальне виділення концентратів, використання модернізованих магнітних сепараторів. Встановлено перспективний метод отримання конкурентноспроможного 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 багаті 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 конкурентноспроможних 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-