

## **Загальні питання технологій збагачення**

---

Раскрытие в данном случае определится как:

$$R = \frac{0,1 + 0,3 \cdot 0,75}{0,4} - \frac{0,45 \cdot 0,25}{0,6} = 0,66;$$

$$\beta_1 = \frac{0,25}{0,3} = 0,83;$$

$$\beta_2 = \frac{0,264}{0,417} = 0,63;$$

$$K_c = \frac{0,63}{0,83} = 0,76;$$

$$\beta_K = \alpha_{II} + R \cdot K \cdot (1 - \alpha_{II});$$

$$\beta_K = 0,39 + 0,66 \cdot 0,76 \cdot (1 - 0,39) = 0,69.$$

Абсолютное расхождение составляет  $\Delta\beta_K = 0,69 - 0,63 = 0,06$ .

Т.е. 8%, что укладывается в понятие соответствия теоретических предположений и практических результатов.

### **Список литературы**

1. Кармазин В.И. Современные методы обогащения руд черных металлов. – М.: Госгортехиздат, 1966. – 751 с.

© Левченко К.А., Младецкий И.К., 2019

*Надійшла до редколегії 02.09.2019 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.7

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18823.34728>

**О.В. БУЛАХ**, канд. техн. наук  
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

## **РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ БІДНИХ ЗАЛІЗНИХ РУД ГЕМАТИТ-МАРТИТОВОГО СКЛАДУ**

Залізні руди зустрічаються практично на всіх континентах. Україна займає одне з провідних у світі місць за запасами та видобутком залізних руд. Основні

родовища зосереджені в Криворізькому та Керченському залізорудних басейнах, Криворізько-Кременчуцькій, Білозерсько-Оріхівській, Одесько-Білоцерківській металогенічних зонах, Приазовській та Придніпровській металогенічних областях (сумарно розвідані запаси 40,1 млрд. т, прогнозні – 30,4 млрд. т, потенційні – 133,5 млрд. т). Із 73 відомих родовищ в кінці ХХ ст. експлуатується 23 [1].

Залізні руди Криворізького басейну розробляються протягом 125 років – з 1882 р. З кінця ХІХ до середини ХХ століття велося відпрацювання багатих руд. В кінці 50-х років ХХ століття почався видобуток бідних магнетитових руд із загальним вмістом заліза від 25-30 до 40-46 мас.%. Руди цього типу піддаються переробці з використанням магнітного збагачення. Питання про збагачення багатих гематитових руд в індустріальних масштабах не вирішувалось до 60-70 років ХХ століття. Необхідність вирішення цієї проблеми виникла з декількох причин, основними з яких є поступове зниження якості гематитових руд через збільшення глибини їх залягання і зростання вмісту нерудних домішок в руді у зв'язку зі зменшенням розміру рудних покладів, ускладненням форми їх контактів з супутніми породами, застосуванням масових і все менш вибіркового методів видобутку руд тощо [2].

На початку етапу впровадження у виробництво залізних руд використовувалась ручна рудорозбірка для виділення із загальної видобутої руди багатих мартитових та залізолюдко-мартитових різновидів, що мають промислову цінність із загальним вмістом заліза близько 65 мас.%. Надалі відбувалось впровадження технології поділу видобутих руд за крупністю, а потім – використання методів глибшої їх переробки з метою більш повного вилучення заліза в корисний продукт, підвищення його якості та виходу [2].

Але, вищезазначене стосується залізних руд підземного видобутку. В той же час більшість родовищ магнетитових кварцитів, що розробляються відкритим способом мають зону окислення різної глибини, а окислені залізисті кварцити, що видобуваються попутно з магнетитовими не залучаються у процес переробки та складаються у відвали, тим самим погіршуючи екологічну ситуацію у регіоні.

В даний час в Кривбасі гематитові кварцити, що попутно видобуваються разом з магнетитовими практично не збагачуються через недосконалість технології їх переробки, в результаті чого виробництво потребує більш досконалої технології їх збагачення з урахуванням новітніх розробок як у вітчизняній, так і зарубіжній практиці.

Останнім часом все більший інтерес виникає до переробки гематитових кварцитів, які вимагають більш раціональних схем збагачення. Для вирішення даної проблеми необхідно розробити більш ефективний, і в той же час, рентабельний метод переробки, який повинен відповідати таким вимогам: простота технології, простота обладнання, низька енерго – і матеріаломісткість.

Одним з актуальних завдань розвитку залізорудної галузі промисловості України є саме пошук способів підвищення масової частки заліза в концентраті

і зниження втрат з відходами виробництва.

До процесу рудоподготовки пред'являють конкретні вимоги по крупності, ступеню розкриття рудних і нерудних мінеральних зерен, а також наявності тонкодисперсних частинок (шламів). При цьому важливу роль також відіграє вкрапленість рудних і нерудних мінералів, що є однією з основних технологічних характеристик залізорудної сировини.

Збагачення залізних руд гематито-мартитового складу вирішується різними способами, в залежності від складу порожніх порід, текстурно-структурних особливостей руди і вкрапленістю рудних і нерудних мінералів. Так як ці руди є слабомагнітними та схильними до переподрібнення, то необхідна розробка найбільш перспективної технології рудопідготовки та збагачення даного типу руд, яка зумовлена, перед усім, зростаючою потребою у високоякісній залізорудній сировині для металургійного виробництва.

Проблема промислового впровадження технології збагачення окислених залізних руд Кривбасу пов'язана саме 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 [3].

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 Слабомагнітні руди (мартитові, гематитові, лимонітові) в більшості випадків збагачують за комбінованими гравітаційно-магнітними схемами. Руди, крупністю більше 1 мм збагачують важкосередовищною сепарацією за вузькими класами крупності; дрібні класи – у відсадочних машинах або гвинтових сепараторах. Класи крупності +0,045 мм збагачують переважно високоінтенсивною магнітною сепарацією, а класи –0,045 мм – поліградієнтною магнітною сепарацією [4].

Одним з основних варіантів збагачення окислених руд є комбінована магнітно-флотаційна схема, що передбачає отримання промпродукту з вмістом заліза 48-50% з використанням високоінтенсивної магнітної сепарації та подальше його дозбагачення зворотною флотацією з отриманням кінцевого концентрату якістю 63-64% заліза. Однак дана схема не реалізована через труднощі при організації зворотного водопостачання та досить великими витратами на зневоднення та охорону навколишнього середовища [5].

Окрім того, як зазначають автори [6], впровадження процесу флотації на ГЗК Кривбасу ускладнюється тим, що вимагає більш тонкоподрібненого продукту у живленні та сам процес є чутливим до наявності шламів. Також відомо, що флотоконцентрати погано фільтруються та не піддаються огрудкуванню.

У більшості випадків окислені залізисті кварцити збагачуються магнітною сепарацією у сильному полі. Існуючі технології збагачення слабомагнітної мі-

нерудної 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 [7].

Основні проблеми магнітного збагачення пов'язані з переробкою тонко-вкраплених руд, оскільки для частинок крупністю 20 мкм та менше магнітна сприйнятливість та магнітна сила в 2-3 рази нижче, ніж для крупних частинок. В той же час потреба у постійному збільшенні продуктивності обладнання зумовлює необхідність підвищення швидкості руху пульпи, що призводить до зростання дисипативних сил у робочому просторі магнітних сепараторів. При цьому необхідно суттєво збільшити магнітну силу. Однак це призведе до збільшення витрат на сепарацію та визначить економічну межу її використання [4].

Однією з основних проблем отримання високоякісних концентратів є закріплення тонкодисперсних рудних мінералів на поверхні кварцу при подрібненні, зокрема, частинок гематиту, мартиту, гідроксидів заліза та магнетиту, розміром не більше 0,8 мм. При цьому, міцність закріплення мінералів залежатиме від зусиль, що приводять їх у контакт та типу мінералів. Мінеральні частинки, що закріпились повністю не видаляються з поверхні кварцу інтенсивним промиванням [8]. Але зменшити забруднюваність продуктів збагачення та підвищити ефективність процесу можливо при використанні процесу знешламлення, що дозволяє до 5-8% підвищити якість магнітного продукту і знизити втрати загального заліза в немагнітному продукті. Наслідком процесу знешламлення подрібненої руди стало підвищення магнітної сприйнятливості для рудних зерен і зниження її для нерудних зерен. Проведені дослідження показують, що при одній крупності подрібнення та ступені розкриття рудних і нерудних зерен показники магнітного поділу значно вище. Найбільший ефект операції дешламації подрібненої руди спостерігається при тонкому подрібненні [9].

Проблема збагачення окислених залізних руд гематито-мартитового складу сьогодні є досить актуальною та зумовлена, перед усім, зростаючою потребою у високоякісній залізорудній сировині для металургійного виробництва. Прогрес у галузі збагачення залізорудної сировини у значній мірі визначатиметься вдосконаленням існуючих, розробкою та впровадженням нових способів її переробки. Освоєння збагачення окислених залізних руд на Україні є одним із найважливіших завдань, які стоять перед залізорудною промисловістю країни.

### Список літератури

1. Електронний ресурс. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Залізні\\_руды](https://uk.wikipedia.org/wiki/Залізні_руды)
2. Електронний ресурс. Режим доступу: [http://www.prodecolog.com.ua/pdf/udk\\_622.pdf](http://www.prodecolog.com.ua/pdf/udk_622.pdf)
3. 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.
4. 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.

5. 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.

6. Потураев В.Н. Новая технология совместного обогащения магнетитовых и окисленных железных руд на базе процессов магнитной гидросепарации / В.Н. Потураев, В.П. Надутый, В.В. Чельшкіна // Горный журнал. – 2001. – № 1. – С. 42–45.

7. 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.

8. Губин Г.Г. Возможности улучшения качества железорудных концентратов на ГОКах Кривбасса / Г.Г. Губин, В.Г. Губина // Горный журнал. – 2001. – № 1. – С.45-47.

9. Булах А.В. Технические решения высокоэффективного обогащения окисленных железистых кварцитов Кривбасса / А.В. Булах, О.А. Корниенко // Розробка родовищ корисних копалин. – 2012. – №95. – Кривий Ріг : КНУ. – С. 293-297.

© Булах О.В., 2019

*Надійшла до редколегії 05.09.2019 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*

УДК 622.026

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18823.34728>

**Н.Л. КУРНАТ, В.Ф. ГАНКЕВИЧ**, канд. техн. наук

(Украина, Днепр, НТУ «Днепровская политехника»),

**О.В. ЛИВАК**

(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»),

**М.А. ЖУРАВЛЕВ**

(Украина, Днепр, НТУ «Днепровская политехника»)

### **ПУТИ ИЗЫСКАНИЯ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

*Постановка задачи.* Лазерная термообработка является одним из наиболее распространенных методов в лазерной технологии. Успехи применения лазерного излучения для упрочнения, сверления и других процессов в приложении к сталям и сплавам на основе железа способствовали распространению его при обработке и других видов материалов. Среди таковых являются изделия полученные методом спекания порошков, которые затем применяются в горнорудной и металлургической промышленности. В данном сообщении идет речь об облучении лазером непрерывного действия ( $\text{CO}_2$  – лазер «Кардамон» мощность 800 Вт, плотность мощности от  $10^4$  до  $10^5$  Вт/см<sup>2</sup>) твердосплавных пластин ВК6 буровых резцов «МС».