

Н.В. КУШНІРУК, канд. техн. наук,

І.О. МАЦИШИНА,

(Україна, Кривий Ріг, Державний ВНЗ "Криворізький національний університет")

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ДОЗБАГАЧЕННЯ ЛЕЖАЛИХ ХВОСТІВ ХВОСТОСХОВИЩА ПАТ "ПІВНІЧНИЙ ГЗК"

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями

Сучасною науково-технічною проблемою в переробці мінеральної сировини являється створення технологій її комплексного збагачення, які б сприяли зниженню техногенного навантаження на навколишнє середовище. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання залучення в експлуатацію залізородної техногенної сировини гірничо-збагачувальних підприємств.

Значна частина відходів гірничо-збагачувальних підприємств є цінною сировиною для отримання з них як металів, так і будівельних матеріалів, добрив, хімічної продукції і ін. У той же час під видобуток будівельних матеріалів (каменя, глини, облицювального матеріалу) щорічно виділяються величезні земельні ділянки, а відходи збагачення, що містять велику кількість недовилучених корисних компонентів, накопичуються у відвалах і хвостосховищах або знову відправляються під землю в якості наповнювача для закладки гірських виробок.

Важливою обставиною є те, що собівартість товарної продукції з промислових відходів, як правило, нижче, ніж видобуті за традиційними способами руди родовищ корисних копалин. Активне використання промислових відходів мінеральної сировини дозволить отримати щорічно прибуток у мільярди доларів.

Залучення в переробку техногенної сировини забезпечує скорочення витрат на пошуки нових і розвідку експлуатованих родовищ, а також звільнення займаних ними земель і їх рекультивацію, ліквідацію джерел забруднення навколишнього середовища, покращуючи тим самим екологічну обстановку навколо діючих підприємств.

Аналіз досліджень і публікацій

ПАТ "Центральний гірничо-збагачувальний комбінат", що входить в групу "Метінвест", в цеху шламового господарства ввів в експлуатацію комплекс вторинного дозбагачення залізовмісних пісків. Комплекс включає насосне відділення, а також ділянки гідроциклонів та магнітної сепарації. Комплекс дозволяє, за рахунок підвищення вмісту заліза магнітного в пісках, знизити об'єми перекачки пісків шламосховища на збагачувальну фабрику з 300 тис. тон до 170 тис. тон, що підвищує ефективність роботи обладнання, знижує його знос [1, 3].

Групою компаній Metal Union в Україні був впроваджений перший модульний комплекс для переробки відходів, що містять гематит – ДПК "Жовті Во-

Загальні питання технології збагачення

ди", по збагаченню гематитових кварцитів для отримання залізорудного концентрату. В комплексі застосовується інноваційна технологія гравітаційного збагачення хвостів залізорудного виробництва. Вона являється екологічно чистою та економічно обґрунтованою. Технологія захищена патентом та дозволяє отримувати залізорудний концентрат зі вмістом Fe 63% та 65%. У рамках проекту "Рекультивация техногенних родовищ" група компаній Metal Union у 2007 р. побудувала та ввела в експлуатацію перший модульний комплекс по виробництву гематитового концентрату ДПК "Жовті Води" [2].

Державний проектно-конструкторський інститут по збагачувальному обладнанню "Гипромашобогашение" розробив спосіб збагачення лежалих хвостів хвостосховищ. Спосіб збагачення лежалих хвостів хвостосховищ включає їх переробку з виділенням мінералів заліза. На переробку лежалі хвости подають у вигляді пульпи, а переробку здійснюють шляхом захисного грохочення пульпи, її класифікації за класом 0,16 мкм, основної та перечисної магнітних сепарацій класу крупністю менше 0,16 мкм, зневоднення отриманих продуктів, при цьому обидві магнітні сепарації ведуть в неоднорідному магнітному полі при індукції 0,4 Тл, а пульпу в магнітне поле подають зі швидкістю 0,2-0,3 м/с. У результаті отримують концентрат з вмістом Fe 66%, а також хвости з вмістом Fe 10-12% [4].

Постановка завдання

У ході роботи були поставлені такі завдання: вивчення речовинного складу сировини; вивчення технологічних властивостей сировини; розробка методики проведення досліджень; визначення збагачуваності хвостів з використанням поліградієнтної сепарації; розробка та обґрунтування оптимальної технології збагачення лежалих хвостів ПАТ "ПівнГЗК".

Викладення матеріалу та результати

Лабораторні випробування проводилися на пробі хвостів ПАТ "ПівнГЗК", що представлена заскладованими лежалими хвостами у хвостосховищі.

Мінералогічний аналіз хвостів хвостосховища показує, що рудна частина займає 14,1% при вмісті загального заліза 12,33%, гематиту 8,5%. З них 6,6% гематиту знаходиться у вільних зернах у класах крупності мінус 0,3 плюс 0 мм, 1,3 % – у зростках і 0,4% – у вкрапленнях. Магнетит більше представлено тонкими вільними зернами в класах крупності мінус 0,2 плюс 0 мм і становить 0,6 %, вкраплення в класах мінус 1,6 плюс 0,2 мм – 0,6%, зростках – 0,4%. Нерудна частина хвостів хвостосховища займає 85,9% і представлена в основному кварцем – 60,2%, 3,5% – присутній польовий шпат, багато амфіболів, піроксену, є в наявності діабаз, і сланці, що заважає використанню хвостів в якості флюсів без переробки.

Випробування проводилися за різними схемами збагачення:

- з попередньою класифікацією і без класифікації вихідних хвостів;
- з доподрібненням і без доподрібнення крупної і дрібної фракцій хвостів до різної крупності.

Загальні питання технології збагачення

Збагачення здійснювалося способом поліградієнтної сепарації і гравітації в лабораторних умовах.

Вихідні хвости попередньо розкласифікували на 2 фракції: на крупну фракцію $-5,0+0,16$ мм, вміст заліза в якій склало 7,4% і дрібну фракцію $-0,16+0$ мм зі вмістом заліза 24,5%.

Далі збагачення проводили кожної фракції окремо з доподрібненням крупної та дрібної фракцій.

Гранулометричний і мінералогічний склад магнітного продукту (концентрату), отриманого при збагаченні крупної і дрібної фракцій, приведені в таблицях 1-2.

Таблиця 1

Гранулометричний склад магнітного продукту і розподіл заліза різних форм сполук за класами крупності.

| Найменування продукту | Класи крупності, мм | Вихід % | Вміст заліза, % | | | Вилучення, % | | |
|------------------------------|---------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | Fe _{заг} | Fe _{маг} | Fe _{гем} | Fe _{заг} | Fe _{маг} | Fe _{гем} |
| Концентрат з крупної фракції | +0,1 | 5,2 | 15,5 | 3,2 | 9,8 | 2,6 | 1,8 | 2,9 |
| | +0,071 | 31,9 | 22,7 | 5,1 | 13,2 | 33,8 | 17,6 | 24,1 |
| | -0,071 | 62,9 | 35,7 | 11,7 | 20,2 | 73,6 | 80,6 | 73,0 |
| Разом | | 100,0 | 30,5 | 9,1 | 17,5 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Концентрат з дрібної фракції | +0,071 | 16,9 | 44,3 | 2,7 | 38,3 | 14,0 | 8,0 | 14,3 |
| | -0,071 | 83,1 | 55,4 | 6,3 | 46,7 | 86,0 | 92,0 | 85,7 |
| Разом | | 100,0 | 53,5 | 5,7 | 45,3 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Таблиця 2

Мінералогічний склад кінцевих магнітних продуктів з лежалих хвостів

| Найменування продукту | Класи крупності, мм | Вихід % | Рудні – 37,7% | | | | | | Сульфід | Нерудні – 62,3% | | |
|------------------------------|---------------------|---------|---------------|------|------------|-----|-------------|-----|----------------|-----------------|----------|------------|
| | | | у вільних | | у зростках | | у вкраплен. | | | у зростках | у вкрап. | у вільних. |
| | | | маг | гем | маг | гем | маг | гем | | | | |
| Концентрат з крупної фракції | -0,2+0,1 | 5,2 | 0,1 | 0,7 | 0,1 | од | од | од | 0,1 | 0,1 | 0,7 | 3,4 |
| | -0,1+0,071 | 31,9 | 1,2 | 7,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | од | 0,2 | 0,1 | 0,9 | 21,9 |
| | -0,071 | 62,9 | 6,7 | 20,2 | 0,3 | 0,3 | од | од | 0,2 | 0,7 | 1,2 | 33,3 |
| Разом | | 100,0 | 8,0 | 28,0 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | од | 0,5 | 0,9 | 2,8 | 58,6 |
| | | | Рудні – 72,9 | | | | | | Нерудні – 27,1 | | | |
| Концентрат з дрібної фракції | -0,1+0,071 | 16,9 | 0,3 | 9,7 | 0,1 | 0,1 | од | од | 0,1 | 0,3 | 0,9 | 5,4 |
| | -0,071 | 83,1 | 3,0 | 59,3 | 0,2 | од | 0,1 | од | од | 0,4 | 2,0 | 18,1 |
| Разом | | 100,0 | 3,3 | 69,0 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | од | 0,1 | 0,7 | 2,9 | 23,5 |

Збагачення крупної фракції класифікованих хвостів $-5+0,16$ мм з вмістом заліза 7,4% на поліградієнтному сепараторі (скобі) з наступним доподрібненням його до 94% кл. – 0,071 мм дозволило отримати продукт з вмістом заліза 30% при виході 11,0%. Кінцевого магнітного продукту за даною схемою отримати не вдалося, незважаючи на наявність трьох перемісток подрібненого магнітного продукту.

Проведено лабораторні випробування зі збагачення некласифікованих лежалих хвостів відвалу при наступному апаратурному оформленні схеми: вихідні хвости збагачувалися на поліградієнтному сепараторі, де отримали 20% відвальних хвостів, придатних для флюсу, будівельних розчинів і бетонів, і 80% магнітного продукту з вмістом загального заліза – 15,3%, магнетитового – 1,8%,

Загальні питання технології збагачення

гематитового – 11,7%. Далі цей продукт піддавався доподрібненню до крупності 92,4%, 100% класу -0,071 мм з багатостадійною схемою перемелювання.

Порівняльні результати схем збагачення хвостів наведені у таблиці 3.

Отримані дані характеризують поліградієнтну сепарацію, що здійснюється на класифікованих і некласифікованих хвостах, як стабільну операцію з отримання сировини, придатної для флюсу і будівельних матеріалів.

Отримати готовий кондиційний концентрат з хвостів з застосуванням тільки поліградієнтної сепарації з доподрібненням і без доподрібнення отримати не вдалося.

Пояснити це можна великою кількістю вільних нерудних зерен, викликане механічним затриманням в камері сепаратора, утвореними агрегатами з дробу, а також поганим відмивом порожньої породи у даному сепараторі, що не дає можливості отримати багатий концентрат. Вміст вільних нерудних зерен склало 48,2% у першому варіанті при подрібненні до 92,4% кл. -0,071 мм і 56,3% – у другому варіанті при подрібненні до 100% кл. -0,071мм. Для доведення магнітної фракції хвостів доцільно випробувати стадіальну схему збагачення з застосуванням гравітації для виділення крупних вільних рудних зерен у голові процесу перед доподрібненням.

Таблиця 3

| Найменування схем | Технологічні показники збагачення, % | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------|------------------|-----|----------------------------|------|----------------|------|--------------------|------|--------|------|-----|------|
| | Пісок | | | | Кінцевий магнітний продукт | | | | | | Хвости | | | |
| | X | Fe _{зар} | SiO ₂ | E | крупна фракція | | дрібна фракція | | об'єднаний продукт | | X | Fe | E | |
| | | | | | X | Fe | X | Fe | X | Fe | | | | E |
| З доподрібненням. крупної фракції | 11,9 | 2,1 | 81,1 | 1,9 | 11,0 | 30,0 | 17,7 | 39,0 | 28,7 | 35,5 | 79,6 | 69,4 | 4,0 | 12,5 |
| З доподрібненням. крупної і дрібної. фракції | 11,9 | 2,1 | 81,1 | 1,9 | 17,8 | 33,2 | 6,5 | 52,8 | 24,3 | 38,4 | 74,1 | 63,8 | 4,7 | 24,0 |
| Некласиф. хвости з доподрібненням 92,4% кл. -0,071 мм | 12,6 | 2,1 | 80,6 | 2,1 | - | - | - | - | 19,5 | 38,2 | 58,6 | 67,9 | 7,3 | 39,3 |
| Некласиф. хвости з доподрібненням 100% кл. -0,071 мм | 13,3 | 1,4 | 80,6 | 1,5 | - | - | - | - | 15,3 | 42,9 | 53,1 | 71,4 | 7,8 | 45,4 |

За результатами досліджень збагачення техногенної сировини ПАТ "ПівніЗК" рекомендована технологічна схема поліградієнтної сепарації з попередньою класифікацією вихідних хвостів. Впровадження даної схеми дозволить отримати такі продукти: залізорудний концентрат з вмістом заліза загального

Загальні питання технології збагачення

58,5% при виході 16,92%, хвосты з вмістом заліза загального 4,7% при виході 20,02%, а також будівельний пісок з вмістом заліза 2,1, 2,2 та 3,2%, при виході 15,38, 10,66 та 37,03%, придатний для флюсу, будівельних розчинів і бетонів.

Висновки та напрямок подальших досліджень

Аналіз хімічного, мінералогічного, гранулометричного складів хвостів ПАТ "ПівнГЗК" показав доцільним проведення досліджень на даній сировині та розробку технології збагачення та отримання залізорудного концентрату і будівельних матеріалів. Виконані дослідження дозволили розробити раціональну технологію дозбагачення лежалих хвостів хвостосховища ПАТ "ПівнГЗК". Впровадження даної схеми дозволить отримати такі продукти: залізорудний концентрат з вмістом заліза загального 58,5% при виході 16,92%, хвосты з вмістом заліза загального 4,7% при виході 20,02%, а також будівельний пісок з вмістом заліза 2,1, 2,2 та 3,2%, при виході 15,38, 10,66 та 37,03%, придатний для флюсу, будівельних розчинів і бетонів. Будівельні піски різної крупності відповідають ДСТУ Б В.2.7-102-2000. Дана технологія дозволить раціонально використати відходи збагачення магнетитових кварцитів та зменшити негативний їх вплив на екологію району.

Список літератури

1. Ефименко В.В. Проблемы переработки горной массы на горно-обогатительных комбинатах Кривбасса // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. – Вип. 30. – С. 56-62.
2. Техногенные месторождения // НПП "Гравикон" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gravicon.com.ua/ru/page43>.
3. Федорова И.А., Евтехов В.Д. Гранулометрический состав отходов обогащения Северного горнообогатительного комбината Криворожского бассейна // Геолого-мінералогічний вісник. – 2001. – №1. – С. 38-45
4. Способ обогащения лежалых хвостов хвостохранилища – Банк патентов. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bankpatentov.ru/node/291665>.

© Кушнірук Н.В., Мацишина І.О., 2015

*Надійшла до редколегії 28.02.2015 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*