

УДК 622.775

К.В. НІКОЛАЄНКО, канд. техн. наук,

Є.О. ЧЕРВОНІЙ, П.К. НІКОЛАЄНКО

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

ТЕХНОЛОГІЯ СУХОГО ЗБАГАЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ СИРОВИНИ У ВИГЛЯДІ НЕКОНДИЦІЙНИХ ГЕМАТИТОВИХ РУД, ДЛЯ ОТРИМАННЯ З НИХ КОНЦЕНТРАТУ З ВМІСТОМ ЗАЛІЗА НЕ МЕНШЕ 62,0%

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Сьогодні в усьому світі заскладовано велику кількість залізовмісних відходів у вигляді пришахтних відвалів некондиційних гематитових руд, які за якісними показниками не відповідають потребам споживачів та потребують збагачення. Ціленаправленість проведення даної роботи пов'язана з розширенням сировинної бази металургам за рахунок залучення в переробку техногенних покладів некондиційних гематитових руд.

Аналіз досліджень і публікацій. В свій час проведені дослідження зі збагачення гематитових руд магнітним та флотаційним методами. Застосуванню флотаційного методу збагачення заважає недостатньо вивчені екологічні наслідки в густонаселений районах. Крім того, як показав досвід роботи збагачувальних фабрик комбінатів, цей метод не дозволяє досягнути планових показників якості та виходу кінцевих продуктів збагачення. Магнітний метод використовувався для збагачення бідних гематитових руд України в різних варіантах (високоінтенсивна магнітна сепарація на КГЗКОР та ГЗК комбінату "Арселор Міттал", магнітна сепарація при виробництві агломераційної руди на устаткуванні фірми "Укрекологія"). Треба відмітити, що для отримання якісних показників у попередніх дослідженнях використовувалися мокрі методи збагачення при яких була потреба мокрого складування відходів виробництва у хвостосховищах. Це значно ускладнювало та здорожувало процес виробництва потребуючи великих затрат на спорудження хвостосховищ та їх утримання. Крім того спорудження мокрого хвостосховища в районі підземного видобутку руди, на промплощадці де розташовані відвали некондиційних гематитових руд, являє небезпеку для самого процесу видобутку за рахунок потрапляння води з площини хвостосховища у шахту.

Постановка завдання. Головним для ефективного збагачення є достатньо селективне розділення компонентів некондиційних гематитових руд. Для рішення поставленої задачі виробництва з заскладованих некондиційних гематитових руд концентрату з вмістом заліза загального не менше 62%, є необхідним вибір методу та створення умов для ефективного видалення рудних мінералів в концентрат. У зв'язку з суттєвим подорожчанням виробництва з використанням "мокрих" методів збагачення за рахунок необхідності облаштування хвостосховищ, та їх недоліків, особливу увагу необхідно приділити "сухим" методам магнітної та гравітаційної сепарації.

Викладення матеріалу та результати. Авторами розглянуто питання можливості збагачення некондиційних гематитових руд сухими методами.

Мінералогічними дослідженнями (табл.1) встановлено, що основним рудним мінералом матеріалу дослідженої проби є гематит, представлений, головним чином, зернистим різновидом – мартитом. Вміст мартиту в складі матеріалу проби склав 30,2%. Вміст іншого рудоутворюючого мінералу гетиту склав 22,5%. Нерудні мінерали представлені, головним чином, кварцом (5,6%) і гідроксидами алюмінію (11,8%). В цілому мінеральний склад проби, характеризується переважанням мартиту і залізної слюдки (пластинчастий різновид гематиту). Другорядне значення має гетит, для агрегатів якого характерно масивне і концентрично зональне будову. Дисперсний гетит, дисперсний гематит, каолінит і гідрослюда утворюють механічно нестійкі землясті агрегати, які при дробленні і подрібненні легко руйнуються та перетворюються на пилоподібний матеріал.

Кварц є більш рідкісним в порівнянні з силікатами нерудним мінералом. Його агрегати присутні у вигляді дрібних (до 3,0 мм) включень в рудних агрегатах.

Таблиця 1

| Мінеральний склад матеріалу досліджуємої проби | |
|---|------------------------|
| Мінерали | Вміст мінералів, мас.% |
| Гематит | 46,1 |
| у тому числі: | |
| мартит | 30,2 |
| залізна слюдка | 7,0 |
| дисперсний гематит | 8,9 |
| Магнетит | 0,2 |
| Гідроксиди заліза, | 27,3 |
| у тому числі: | |
| гетит | 22,5 |
| лепидокрокит | 1,5 |
| дисперсний гетит | 3,2 |
| Мінерали групи кремнезема | 6,7 |
| у тому числі: | |
| кварц | 5,6 |
| халцедон | 0,9 |
| опал | 0,2 |
| Гідроксиди алюмінію (беміт, діаспор, гідраргіліт) | 11,8 |
| Силікати | 6,1 |
| у тому числі: | |
| каолінит | 5,1 |
| гідрослюда | 1,0 |
| Карбонати | 0,9 |
| Недіагностовані мінеральні фази | 0,9 |
| Всього | 100,0 |

При виборі оптимальної технології враховувалися гранулометричний, мінеральний і хімічний склад досліджуємих руд.

В процесі збагачення руди було виділено два основних етапи:

1) рудопідготовка, яка складається в дробленні руди до крупності, що забезпечує достатньо ефективно розкриття рудних і нерудних часток;

2) збагачення, основним завданням якого є відділення агрегатів нерудних мінералів від часток гематиту (мартиту і залізної слюдки) і гетиту.

З урахуванням фізичних властивостей рудоутворюючих і другорядних мінералів було вивчено вплив на якісні показники двох методів збагачення гематитової сировини: магнітного та гравітаційного (кожний в "сухому" і "мокрому" варіантах). Завданням було отримання залізородного концентрату з загальним вмістом заліза не нижче 62%. "Сухе" і "мокре" магнітне збагачення проводилися з використанням сепараторів з високоінтенсивним магнітним полем. Обидва варіанти магнітної сепарації не дозволили отримати залізородний концентрат заданої якості. Вміст заліза загального в концентратах склав 57,2-60,8%, при виході 20,0-37,6%.

"Суха" і "мокра" гравітаційна сепарація дозволили отримати концентрат, який відповідає вимогам по якості кінцевого продукту. Сухим методом було отримано концентрат з вмістом заліза загального 61,8%, при виході 53,6%. Концентрат більш високої якості був отриманий методом "мокрої" гравітаційної сепарації і склав 63,4% при виході 51,2%. З урахуванням негативних наслідків облаштування "мокрого" хвостосховища як основний метод було прийнято "суху" гравітаційну сепарацію. Для забезпечення достатнього вилучення рудних мінералів, була перевірена можливість додаткового використання в схемі "сухої" магнітної сепарації.

Для визначення технології збагачення за "сухою" схемою проведено дослідження з використанням повітряного сепаратора та магнітного сепаратора з постійними магнітами високої енергії.

Було перевірено вплив на показники розділення вихідного живлення в крупності: 5-0, 3-0, та 1-0 мм. Встановлено, що зниження крупності живлення операцій збагачення дозволяє підвищити вміст заліза загального в концентратах на 0,8-1,6%, але при цьому вихід знижується на 17-23,2%.

Аналіз отриманих результатів показує, що оптимальним для отримання концентрату з вмістом Fezag. на рівні 62% при максимальному його виході є наступна послідовність технологічних операцій: подрібнення вихідної руди до крупності 5-0 мм, поділ отриманого класу на дві фракції 5-3 і 3-0 мм, суха магнітна сепарація фракції 5-3 з отриманням товарного концентрату, повітряна сепарація фракції 3-0 мм з отриманням товарного концентрату і промпродукту, суха магнітна сепарація промпродукту повітряної сепарації клас 3-0 мм з отриманням товарного концентрату.

Була розроблена технологічна схема збагачення некондиційних гематитових руд, та розраховані її показники на продуктивність 2 млн т на рік. За рекомендованою схемою передбачається отримання з вихідної руди з вмістом заліза

загального 52,6%, концентрату з вмістом заліза загального 62,1%, при виході 50,1,0%. та вилученні заліза 59,1%. Очікуваний хімічний аналіз вихідних хвостів і отриманого концентрату наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Хімічний аналіз отриманого концентрата

| Продукти | Вміст, % | | | | | | | | | |
|------------|--------------------|---------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------|------|
| | Fe _{заг.} | Fe _{магн.} | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | CaO |
| Концентрат | 62,1 | 0,25 | 2,11 | 0,034 | 4,41 | 88,10 | 0,63 | 0,086 | 0,29 | 0,21 |

| Продукти | Вміст, мас. % | | | | | | | | | |
|------------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|-------|-------------------------------|-------------------------------|----------|---------|--|
| | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | CO ₂ | S | H ₂ O ⁺ | H ₂ O ⁻ | п. п. п. | Усього | |
| Концентрат | 0,03 | 0,01 | 0,082 | 0,20 | 0,009 | 3,86 | 0,11 | 4,18 | 100,171 | |

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Таким чином, для отримання з закладованих некондиційних гематитових руд концентрату з вмістом заліза не менше 62,0%, можливо використовувати комбінований "сухий" гравітаційно-магнітний метод їх збагачення. Напрямок подальших досліджень, є підвищення вилучення заліза в концентрат за рахунок залучення до переробки хвостів магнітного збагачення.

1. Єпатко Ю.М., Мельник Ю.П. Деякі теоретичні та експериментальні дані про утворення гетиту і гематиту в корі вивітрювання Криворізького залізорудного басейну // Геологічний журнал. – 1965. – №2. – С. 12-21.

© Ніколаєнко К.В., Червоний Є.О., Ніколаєнко П.К., 2016

*Надійшла до редколегії 19.06.2016 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*