

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

ТОНКЕ ГРОХОЧЕННЯ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБАГАЧЕННЯ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ

Розглядається можливість отримання високоякісного концентрату при збагаченні магнетитових кварцитів поточного видобутку Північного Західного регіону по вдосконаленій технології їх переробки. На підставі проведення досліджень запропоновано вдосконалену технологічну схему збагачення з впровадженням операції тонкого грохочення. Для отримання високоякісного концентрату головним завданням є підвищення ефективності збагачення магнетитових кварцитів, розробка нових раціональних або вдосконалення існуючих технологій збагачення магнетитових руд із застосуванням тонкого грохочення. Технічний прогрес в конструктивних рішеннях сучасних грохотів, а також розробка зносостійких сіток, що не забиваються, зробили застосування тонкого грохочення в технологічних схемах збагачувальних фабрик економічно доцільним. У результаті детального аналізу обладнання для тонкого грохочення, яке пропонується як закордонні, так і вітчизняні компанії, був визначений як найбільш оптимальний варіант застосування високочастотного грохоту розробки корпорації Derrick моделі «Стек Сайзер». Згідно з результатами проведених досліджень на рудах поточного видобутку Північного Західного регіону при повному впровадженні операції тонкого грохочення на грохотах StackSizer розробки корпорації Derrick можливий випуск високоякісного та конкурентоспроможного на залізородному ринку концентрату з вмістом заліза більше 67 %.

Проблема та її зв'язок з науковим та практичним завданням. Для промисловості чорної металургії країн світу характерно постійне збільшення обсягів видобутку і збагачення магнетитових руд. При цьому з одного боку, масова частка заліза в рудах, що добуваються постійно знижується, але з іншого, боку підвищуються вимоги якості залізних концентратів.

Зменшення масової частки заліза в видобутої руди пов'язано з залученням в переробку більшої частки магнетитових руд з дисперсною і вельми тонкою рудною вкрапленістю. Для компенсації погіршення якості руди на фабриках ускладнюються технологічні схеми подрібнення і збагачення. В основному це пов'язано зі збільшенням тонини помелу готових продуктів, що приводить до зростання витрат на подрібнення, частка яких досягає 30 % від загальних витрат переділу збагачення.

Підвищення якості концентратів при збільшенні обсягів виробництва і частки видобутих важкозбагачуваних руд неможливо при наявних схемах збагачення і кількості обладнання.

Вирішувати цю проблему можна шляхом простого нарощування виробничих потужностей (екстенсивний шлях), що приведе до зростання собівартості продукції та зниження рентабельності виробництва. Але краще використовувати інтенсивний шлях, пов'язаний з впровадженням нових процесів і апаратів, технологічних рішень, що дозволить не тільки не знижувати економічні показники переділу збагачення, а й покращувати їх [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Незважаючи на наявний досвід використання тонкого грохочення за кордоном («Хойт Лейку» (США), «Хілтон-Майнз» (Канада)), випробування грохотів в 70-х роках на Дніпровському ГЗК і їх промислово експлуатацію на Костомукшському ГЗК, широке випробування та впровадження грохотів на магнетито-збагачувальних фабриках почалося в ХХІ столітті. Це пов'язане з появою на ринку високопродуктивного вібраційного гідравлічного грохоту корпорації «Derrick».

Як відомо, грохочення - це процес класифікації частинок за їх геометричним розміром. Форма частинок і питома вага матеріалу, з якого вони складаються, можуть мати певне значення, але в набагато більшому ступені розділення залежить від розміру частинок.

Технічний прогрес в конструктивних рішеннях сучасних грохотів, а також розробка зносостійких сіток, що не забиваються, зробили застосування тонкого грохочення в технологічних схемах збагачувальних фабрик економічно доцільним. У загальному випадку, говориться про тонке розсівання в діапазоні від 10 до 38 мкм (400 меш). Тонке грохочення, як правило, здійснюється з використанням високочастотної, низькоамплітудної вібрації сітки по лінійній (зворотно-поступальній) або еліптичній траєкторіях [2].

Застосування тонкого грохочення для підвищення якості магнетитового концентрату дозволяє отримати більш високі технологічні показники збагачення за рахунок виключення попадання великих легких бідних частинок у тонку фракцію, що відбувається при використанні гід-

роциклонів [1]. Це особливо важливо в умовах зростання світових цін на енергоносії, збільшення вартості сировини і витрат в металургійному переділі, попиту на нові види сировини з низьким вмістом шкідливих домішок (металізовані окатиші та брикети) для прямого одержання сталі.

У даний час в Україні працюють 5 гірничо-збагачувальних комбінатів і гірничо-збагачувальний комплекс у складі ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» з переробки магнетитових кварцитів. Технологія тонкого грохочення була вперше випробувана на Дніпровському гірничо-збагачувальному комбінаті в 1972-73 рр. і показала можливість підвищення вмісту заліза в концентраті на 1,4 %. Але подальше практичне впровадження цього процесу стримувалося відсутністю надійних і ефективних грохотів, що забезпечують розділення по класах 0,05-0,07 мм з високою ефективністю. [3]

Постановка завдання. Підвищення якості магнетитових концентратів, пов'язане з впровадженням нових процесів, апаратів і технологічних рішень, що дозволить не тільки не знижувати економічні показники переділу збагачення, а й покращувати їх.[1]

У результаті детального аналізу обладнання для тонкого грохочення, яке пропонують як зарубіжні, так і вітчизняні компанії, фахівцями гірничо-переробної промисловості був визначений як найбільш оптимальний варіант застосування високочастотного грохоту розробки корпорації Derrick моделі «Стек Сайзер».

Високочастотний грохот «Стек Сайзер» складається з п'яти паралельно розташованих один над одним дек і призначений для розділення матеріалу за крупністю в операціях подрібнення і збагачення. Повномасштабні випробування, проведені корпорацією Derrick з різними матеріалами, показали, що один грохот «Стек Сайзер» замінює від двох до чотирьох грохотів моделі «Мультиживлення». Ніколи раніше один грохот не мав такої продуктивності при ефективності класифікації, що перевищує 60-70%, і при таких невеликих необхідних площах. Крім цього, даний грохот створює прямолінійний вібраційний рух матеріалу, замість еліптичного, найбільш часто використовуваного при грохоченні. [4]

Для отримання високоякісного концентрату головним завданням є підвищення ефективності збагачення магнетитових кварцитів за рахунок впровадження грохотів «Derrick» на підставі визначення параметрів процесу тонкого грохочення, розробка нових раціональних або вдосконалення існуючих технологій збагачення магнетитових руд із застосуванням тонкого грохочення.

Викладення матеріалу і результати. Для визначення можливості впровадження операції тонкого грохочення в технологію збагачення магнетитових кварцитів з використанням грохотів «Derrick» Stack Sizer™ були проведені дослідження на рудах ПівніГЗК поточного видобутку. В загальному випадку грохот має наступний вигляд (рис. 1).



Рис. 1. Грохот Stack Sizer™

Згідно з проведеними дослідженнями з'ясовано, що інтенсивне розкриття рудних зерен відбувається вже при крупності мінус 0,07 мм. Так, в проміжних продуктах збагачення у класі 0,071-0,044 мм кількість вільних зерен становить 50-65 %. У цих продуктах відмічено до 8-15 % зростків, а також близько 10 % бідних зростків. Основна частина бідних зростків у продуктах збагачення припадає на класи крупніше 0,07 мм. У тонких класах (-0,044 мм) практично в усіх проміжних продуктах збагачення вміст розкритих рудних зерен збільшується до 85-95 %, кількість зростків знижується у 3 рази.

Отже, для отримання концентрату з масовою часткою заліза більше 67 % потрібне розкриття рудних зерен в крупності менше 0,044 мм.

На підставі проведених досліджень була вдосконалена існуюча технологічна схема збагачення магнетитових кварцитів (рис. 2) та включає наступні операції: подрібнення дробленої до 25-0 мм вихідної руди, магнітне збагачення (I стадія) зливу класифікатора, подрібнення магнітного продукту, знешламлення зливу гідроциклона з подальшим його магнітним збагаченням (II стадія), грохочення магнітного продукту по класу 0,063 мм, під решітний продукт знешламлюється і збагачується на магнітному сепараторі (III стадія). Надрешітний продукт подрібнюється, класифікується. Злив класифікатора повертається на магнітне збагачення у другу стадію.

У комплексі це дозволяє збільшити масову частку заліза в концентраті або знизити питомі витрати на переробку руди.

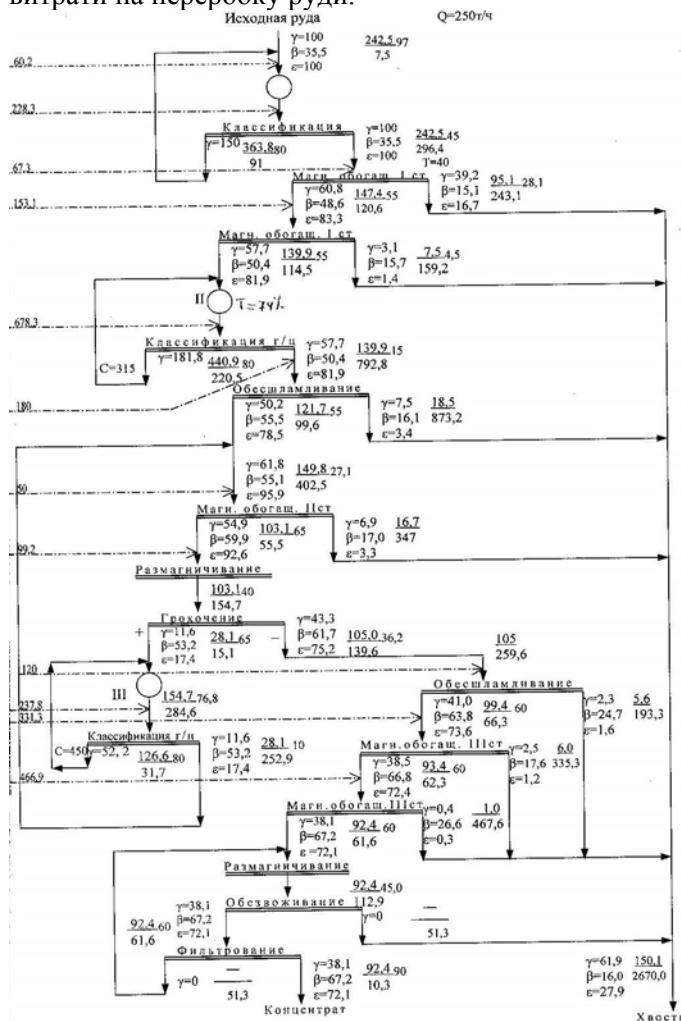


Рис. 2. Рекомендована технологічна схема

0,05 мм. При класифікації в гідроциклоні (діюча схема) основна частина розкритих зерен залишається в пісках подрібнюється і відповідно шламуються. Це збагачення магнетитових кварцитів ПівніГЗК з призводить до втрат рудних зерен при впровадженні операції тонкого грохочення, подальшій дешламації та магнітному збагаченні;

на третю стадію подрібнення надходить надрешітний продукт грохота, що складається, в основному, зі зростків. На діючій схемі на третю стадію подрібнення надходять піски гідроциклона, що містять розкриті рудні зерна;

перед грохоченням і фільтрацією передбачена операція розмагнічування, що дозволяє дефлокулювати продукти. Це, по-перше, збільшує ефективність грохочення, по-друге, звільняє захоплені нерудні зерна із флокул, а також покращує процес фільтрування;

для подрібнення руди рекомендовані кулі діаметром 100, 40 і 30 мм, відповідно по стадіям подрібнення замість 120, 60, 60 мм. Зниження крупності молоткових тіл сприяє покращенню процесу подрібнення, тобто збільшення виходу готового класу [5.]

Висновки та напрямок подальших досліджень. Технічний прогрес в конструктивних рішеннях сучасних грохотів, а також розробка зносостійких, тонких, аж до 100 мкм сіток, що не забиваються, зробили застосування тонкого грохочення в технологічних схемах збагачувальних фабрик економічно доцільним.

При проведенні досліджень грохот позитивно проявив себе і як збагачувальний апарат. За рахунок видалення бідних зростків в надрешітний продукт вміст заліза в підрешетному продукті підвищувався на 1-2 %.

Згідно з результатами проведених досліджень на рудах поточного видобутку ПівніГЗК при повному впровадженні операції тонкого грохочення на грохотах StackSizer розробки корпорації

За даною технологією отриманий концентрат містить 67,2 % заліза при вилученні - 72,1 %.

Вдосконалена схема відрізняється від діючої схеми ПівніГЗК наступними основними елементами:

операція класифікації в гідроциклоні передбачена після II і III стадій подрібнення (на діючій фабриці – перед подрібненням). Це обґрунтовано тим, що на діючій фабриці в злив разом з тонкими рудними й нерудними зернами залучаються великі зростки що потребують подрібнення. У даному випадку діє ефект розділення частин по гідравлічній крупності. Так, на фабриці ПівніГЗК у злив гідроциклона залучається до 12 % зростків. При подальшому магнітному збагаченні дані зростки зосереджуються, в основному, в магнітному продукті. Основна їх частка доходить до кінцевого концентрату разубожуючи його. Тому у виробленому ГЗК концентраті до 9 % зростків, а також 7 % нерудних мінералів;

рекомендовано магнітний продукт II стадії магнітного збагачення піддавати грохоченню по класу 0,063 % мм. Це пов'язано з тим, що продукт містить до 65 % розкритих рудних зерен, більша частка яких зосереджена у класі мінус

Derrick можливий випуск високоякісного та конкурентоспроможного на залізорудному ринку концентрату з вмістом заліза більше 67 %.

Список літератури

1. Пелевин А.Е. Научные основы процесса тонкого гидравлического вибрационного грохочения и разработка новых систем обогащения магнетитовых руд: дис. доктора техн. наук :25.00.13 / Пелевин Алексей Евгеньевич. – Екатеринбург, 2011. – 398 с.
2. <http://library.stroit.ru/articles/tgrohot/index.html>
3. Ширяев А.А. Применение тонкого грохочения для повышения качества железорудного концентрата на обогатительной фабрике горно-обогатительного комплекса «АрселорМиттал Кривой Рог» / А.А. Ширяев, Е.Н. Нескоромный, А.И. Мироненко, С.А. Самохина, С.С. Старых // Вісник КНУ. – Кривой Рог, 2013.
4. <http://www.mining-media.ru/ru/article/gorobot/1655-osvoenie-vysokochastotno-grokhota-korporatsii-derrick-na-oao-ssgpo>
5. Хміль І.В. Виробництво залізорудного концентрату в умовах РЗФ-1 ПАТ ПІВНГЗК з впровадженням у технологію збагачення операції тонкого грохочення / І.В. Хміль, О.В. Булах, О.Л. Костючик // Гірничий вісник. - № 97 – Кривий Ріг: КНУ, 2014. – С. 226–231.
6. Эксперименты по проведению тонкого грохочения кварцевого песка высокого качества на высокоскоростных грохотах фирмы «Derrick», Autbereitungs Technik., Mineral Processing № 9, 2002
7. И.П. Богданова, Е.Н. Рукасова, В.С. Маргулис. К вопросу повышения воспроизводимости технологических показателей при проектировании / Богданова И.П., Рукасова Е.Н., Маргулис В.С. // Обогащение руд черных металлов, 1975.
8. Получение концентратов с содержанием кремнезема менее 1% из магнетитовых кварцитов / П.К. Саворский, П.А. Гонтаренко, Л.А. Захарова, Б.М. Малый и др. В кн.: Особенности обогащения тонковкрапленных руд черных металлов. М., 1985. – с. 6-10.
9. Журавлев С.И., Смачная Э.М. Эффективность применения тонкого грохочения в схемах обогащения магнетитовых руд. «Обогащение руд черных металлов». М., Недра.
10. Опыт применения вибрационных грохотов корпорации «DERRIK» при обогащении железных руд., Веннер м.л., Трапе Н., Лелис В.Ю. – Горный журнал, 2002г., №3. с.- 60-64.

Рукопис подано до редакції 14.04.15

УДК 622.7: 622.765.06

Т.А. ОЛІЙНИК, д-р техн. наук, професор, А.І. МАКАЧОВА, студентка
Криворізький національний університет

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНОГО ЗБАГАЧЕННЯ БІОТИТ-ГРАНАТОВИХ ГНЕЙСІВ ЗАВАЛЛІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Стаття присвячена проблемі комплексної переробки сировини Заваллівського родовища. Проведено аналіз розроблених та впроваджених технологій збагачення біотит-гранатових гнейсів, за якими виявлені переваги і недоліки розглянутих технологій збагачення графітових руд. У результаті дослідження обрана оптимальна схема збагачення біотит-гранатових гнейсів. Досліджено мінералогічний та хімічний склад досліджуваної проби біотит-гранатового гнейсу Заваллівського родовища. Досліджена можливість отримання готового концентрату за допомогою гравітаційного, мокрого і сухого магнітного збагачення. Встановлено оптимальну технологію переробки біотит-гранатового гнейсу, за якою отриманий гранатовий концентрат, що відповідає вимогам промисловості. Надано результати збагачення графітової руди за обраною схемою та при встановленому реагентному режимі.

Перероблення вивіреного біотит-гранатового гнейсу в лабораторних умовах, за схемою сухого магнітно-електричного збагачення, яка включала крупне, середнє та дрібне дроблення вихідного гнейсу до 1 мм, основну магнітну сепарацію в полі високої інтенсивності, перечищення в магнітному полі цієї ж напруженості промпродукту, основної сепарації і електросепарації об'єднаного концентрату магнітної сепарації забезпечило отримання гранатового концентрату з вмістом гранату 92,51 % та біотиту 1,70 % при вилученні гранату 91,72 %, кварц-польовошпатовий продукт з вмістом кварцу 63,44 % та оксидом заліза 9,76 % і біотит-кварц-польовошпатові хвости в кількості 8,51 %.

Ключові слова: збагачення, біотит-гранатові гнейси, концентрат,

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Гірничо-металургійний комплекс України експлуатується більш ніж п'ять століть. Родовища багатих руд практично виснажені. В зв'язку з цим, на сьогодні вельми актуальним є питання комплексного збагачення сировини українських родовищ. Адже практично всі види корисних копалин, містять декілька мінералів і тому технологія їх перероблення може розглядатися з позиції комплексного використання, тобто отримання не одного а декількох товарних продуктів. Комплексне збагачення