



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 91278

(13) C2

(51) МПК (2009)

B03B 7/00

B03C 1/00

C22C 3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗОРУДНИХ КВАРЦИТІВ

1

(21) а200813541

(22) 24.11.2008

(24) 12.07.2010

(46) 12.07.2010, Бюл.№ 13, 2010 р.

(72) МАЛЕЦЬКИЙ МИКОЛА ОЛЕКСАНДРОВИЧ,  
ДЖУР ОЛЕКСАНДРА ГЕННАДІЄВНА

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) UA, 31259, A, 15.12.2000

SU, 1738361, A1, 07.06.1992

RU, 2132742, C1, 10.07.1999

US, 4256266, 17.03.1981

US, 3750963, 07.08.1973

(57) Спосіб збагачення залізорудних кварцитів, що  
включає розподіл на магнетитові і окислені компо-

2

ненти, багатостадійне подрібнення і помел, класифікацію в замкнутих циклах помелу, багатостадійне магнітне збагачення, дешламацію, обезводнення і фільтрацію, з використанням замкнутого водооберту, доводку концентратів, з подальшим складуванням відходів збагачення, який **відрізняється** тим, що залізорудні кварцити попередньо піддають мінералогічній класифікації по магнетитовому модулю з наступним роздільним збагаченням на відповідних виробничих потужностях, а доводку концентратів здійснюють на каліброваних ущільнених самоочисних сферичних поверхнях – ситах.

Передбачуваний винахід належить до сфери збагачення руд чорних металів і може бути вигідно використаний при комплексній переробці залізорудних кварцитів.

Залізорудні кварцити на сьогодні представляють мінерально-сировинну основу гірничо-металургійного комплексу України. При цьому їх необхідно розглядати як складну полімінерально-залізорудну сировину представлену широкою гаммою залізорудних мінералів: магнетит, гематит, мартит, гідроокисли, силікати та ін., які по своїм фізико-механічним властивостям і вмістом заліза неоднорідні, що обумовлює складність обґрунтування технології їх переробки.

При видобутку на сьогодні відкритим способом залізорудних кварцитів видобута гірнича маса включає:

- вскришні рихлі породи - 18,0мас.%;
- вміщуючі скальні породи - 24,0мас.%;
- залізорудні кварцити - 58,0мас.%.

При цьому приблизно 2/3 видобутих залізорудних кварцитів піддаються збагаченню. Це так звані кондиційні магнетитові різновиди залізорудних кварцитів. Друга 1/3 їх частина, так звані окислені залізорудні кварцити з вмістом заліза 32-40мас.%, використовувались частково в незначних об'ємах на Центральному гірничо-

збагачувальному комбінаті. Відомий на сьогодні спосіб збагачення залізорудних кварцитів, що включає попередній розподіл на магнетитові і окислені різновиди, багатостадійне подрібнення і помол подрібненої руди, класифікацію в замкнутих циклах помелу, багатостадійне магнітне збагачення, дешламацію, обезводнення і фільтрацію концентрату, складування відходів збагачення в хвостосховищах замкнений водообіг промислово освоєний на сучасних гірничо-збагачувальних залізорудних комбінатах. Він достатньо докладно висвітлений в сучасній літературі:

1. Справочник по обогащению руд. Фабрики по обогащению железорудных кварцитов. М.: Недра, 1984, с. 158-217.

2. Малецкий Н.А., Кабанов А.В, Баритшполац В.Т. Комплексное использование минерально-сырьевых ресурсов при обогащении руд черных металлов. М.: Недра, 1986, с. 38-49.

По названому способу збагачення в основному використовуються магнетитові різновидності залізорудних кварцитів, а окислені залізорудні кварцити використовувались частково по технології з використанням попереднього магнетизуючого обпалювання. При переробці залізорудних кварцитів по вище описаному способу представляється можливість виробляти залізорудний концентрат

(13) C2

(11) 91278

(19) UA

з вмістом загального заліза 62,2-65,6мас.% і 11,6-7,6мас.% оксиду кремнію, при цьому витяг загального заліза досягає 64,6-83,3мас.% до переробки магнетитових кварцитів, а до видобутих всього 43,0-55,5мас.%.

Слід відмітити, що при використанні даного способу збагачення представляється можливим ефективно переробляти магнетитові залізорудні кварцити з вмістом  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) вище 20мас.%, що в свою чергу, обумовлює виборчу виробку залізорудних родовищ, так як залізорудні кварцити перед збагаченням класифікуються по вмісту магнетита на кондиційні ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 > 20\text{мас.}\%$ ) і некондиційні ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 < 20\text{мас.}\%$ ). Корисно використовується тільки кондиційні магнетитові різновидності. Мимохідь добуваючі окислені різновиди залізорудних кварцитів не використовуються, а складаються в зовнішні відвали разом з некондиційними, що обумовлює високі витрати руди на тонну концентрату. На тонну концентрату сьогодні приходится 10 тонн твердих відходів. При цьому в Кривбасі уже заскладовано біля 2млрд. тонн окислених залізорудних кварцитів на площі 10 тисяч гектарів.

Таким чином, використовуючий спосіб збагачення залізорудних кварцитів розглядається як моноотварний і, як наслідок цього, матеріалоемкий, енергоємкий і екологічно напружений і, таким чином, проблемним.

Використання такого способу збагачення залізорудних кварцитів з метою нарощування виробництва залізорудно-металургійної сировини за рахунок легко збагачуваних кондиційних магнетитових різновидностей і не використання в якості мінеральної сировини для потреб гірничо-металургійного комплексу України окислених і некондиційних руд обумовлює гострі протиріччя між економічним розвитком гірничо-збагачувального виробництва і становищем навколишнього середовища, приводить до нераціонального використання надр.

Багаторічна концепція наукового пошуку технології збагачення окислених залізорудних кварцитів з метою їх залучення в переробку орієнтована на досягнення високоякісних конкурентоздатних концентратів, обумовила на сьогодні тупикову невирішальну ситуацію, так як складний, полімінеральний склад окислених кварцитів вимагає складних, високих витрат і екологічно напружених термічних, фізико-хімічних технологій, що знижує їх конкурентоздатність в порівнянні з іншими видами металургійної сировини.

При цьому потрібно брати до уваги, що випробувана екологічно безпечна технологія збагачення окислених кварцитів досліджена на Центральному гірничо-збагачувальному комбінаті, підтверджує можливість одержувати концентрат з вмістом загального заліза 61,5мас.% і оксиду кремнію 11,0мас.%. Такий концентрат безумовно не може конкурувати на зовнішньому ринку, а подальше намагання підвищення якості концентрату зв'язано як з проблемою загострення екологічної напруги так і з різким зниженням витягу загального заліза при цьому в концентрат, що на практиці підтверджується коефіцієнтом втрат витягу заліза на від-

соток приросту якості. В порівнянні з магнетитовими кварцитами він на порядок вище ніж при збагаченні магнетитових кварцитів. Ця технологія збагачення окислених кварцитів описана в літературних джерелах:

1. Юров П.П., Ветрова Е.Ф., Давыдов Ю.А. и др. Освоение технологии обогащения железистых кварцитов на секции №4 ЦГОКу. Тематический сборник «Обогащение руд черных металлов», №4. М.: Недра, 1975, с. 42-52.

2. Малецкий Н.А., Кабанов А.В., Баритшполец В.Т. Комплексное использование минерально-сырьевых ресурсов при обогащении руд черных металлов, М.: Недра, 1986, с. 79-102.

Аналіз вищеприведеної інформації дозволяє стверджувати, що при сучасному рівні розвитку гірничо-збагачувального менеджменту, створити на сировинній основі (окислених кварцитах) ринкове конкурентоспроможне підприємство (ГЗК) не можливо. Їх необхідно використовувати одночасно, разом з магнетитовими різновидностями по цілісній комбінованій технології збагачення з урахуванням технологічних можливостей (сортності) залізорудних кварцитів. При цьому при збагаченні магнетитових кварцитів одержувати концентрат з вмістом загального заліза 67-69,0мас.%, а із окислених відповідно 58-62,0мас.%.

Самим близьким технічним рішенням є спосіб збагачення магнетитових кварцитів, цю забезпечує виробництво високоякісних концентратів з вмістом заліза 67-69%. Теорія і практика збагачення магнетитових кварцитів як в Україні так і в світовій практиці (ІнгЗК, ПГЗК, Леб.ГЗК, Кост.ГЗК) стверджує, що підвищення якості магнетитових концентратів до 67-69мас.% не викликає технічної труднощі і може бути досягнуто за рахунок менших затрат коштів і часу в порівнянні з окисленими залізорудними кварцитами. При цьому для одержання концентрату з вмістом заліза 67-69мас.% на практиці використовують доводку магнетитових концентратів методом флотації чи класифікації на шпальтових ситах (т.з. «тонке грохочення»). Витрати на «тонке грохочення» складають 40% від затрат на флотацію (збагачуюча фабрика Хойт-Лейкс (США). Переваги і недоліки цих методів доводки магнетитових концентратів широко відомі і опубліковані в науковій літературі:

1. Некрасов З.И., Бинкевич В.А., Бинкевич В.В. Пути повышения качества железорудного сырья. «Обогащение руд черных металлов» №4. М.: Недра, 1975, с.11-17.

2. Губин Г.В., Шинкаренко С.Ф., Маргулис В.С. и др. Определение оптимального уровня обогащения железорудных кварцитов Юга и Центра. «Обогащение руд черных металлов». №4. М.: Недра, 1975, с. 6-11.

3. Евсевич С.Г., Журавлев СИ. Обогащение магнетитовых руд. М.: Недра, 1972, с. 296-300.

До недоліків способу доводки концентрату з метою підвищення якості на шпальтових ситах («тонкого грохочення»), що стримують їх практичне використання, слід віднести:

- незначна питома потужність;
- швидке та нерівномірне зниження шпальтових сит;

- малофункціональне регулювання процесу класифікації.

В основу передбачуваного винаходу поставлена задача удосконалення способу збагачення залізорудних кварцитів, в якому шляхом новацій і змінювання послідовності технологічних операцій досягається можливість сумісної переробки мінералогічних різновидностей залізорудних кварцитів, що дозволяє виключення консервування попутно видобуваних некондиційних магнетитових і окислених різновидностей, що сприяє розширенню мінерально-сировинної бази гірничо-металургійного комплексу України, підвищує вихід готової продукції на тону видобутих залізорудних кварцитів і, як наслідок, зниження собівартості концентрату, підвищенню рентабельності гірничо-збагачувального виробництва, а також зниженню витрат на відвід земельних площ під складування попутно видобуваних окислених і некондиційних залізорудних кварцитів.

Задача вирішується тим, що в відомому способі збагачення залізорудних кварцитів, що включає розподіл на магнетитові і окисні різновиди,

багатостадійне подрібнення і помол залізорудних кварцитів, класифікацію в замкнутих циклах помолу, багатостадійне магнітне збагачення, дешламацію, обезводнення і фільтрацію, доводку концентрату, складування відходів, замкнутий водооборот, згідно винаходу, залізорудні кварцити попередньо піддають мінералогічній класифікації по магнетитовому модулю з наступним роздільним збагаченням на відповідних виробничих потужностях, а доводку концентратів здійснюють на каліброваних ущільнених самоочищуючих сферичних поверхнях (ситах).

На Фіг. наведено траєкторію руху частиць шару просіваючої поверхні.

Спосіб реалізується наступним чином:

Попередньо залізорудні кварцити розподіляють на магнетитові та окислені різновидності (тобто картування). На цій стадії залізорудні кварцити піддають мінералогічній класифікації по оціночному показнику - магнетитовому модулю.

Перевага запропонованого оціночного показника в порівнянні з відомими приведені в таблиці.

Таблиця

Технологічні показники	Значення коефіцієнтів детермінації ( $R^2$ ) по:		
	загальному залізу	магнетитовому залізу	магнетитовому модулю
Вихід	0,198	0,478	0,527
Якість	0,208	0,542	0,591
Собівартість	0,385	0,433	0,718

Виробнича потужність (М) гірничо-збагачувального підприємства формується в такій послідовності:

$$M = M_1 + M_2$$

де  $M_1$  - середньорічна виробнича потужність по переробці магнетитових кварцитів, т.т./період;  $M_2$  середньорічна виробнича потужність по переробці окислених і некондиційних залізорудних кварцитів, т.т. / період.

Виробнича потужність розраховується по формулі:

$$M = \sum_{i=1}^m A_i N_i \left( \frac{1}{C} - T_1 - T_2 \right) \frac{1}{\sum_{i=1}^n y_i} \%,$$

де  $A_i$  - число секцій (ведучого обладнання і-го типу);  $m$  - типи секцій (ведучого обладнання);  $N_i$  - технічна потужність секції (ведучого обладнання), т/ч;  $T_1$ ,  $T_2$  - число календарних, святкових і планових зупинок, відповідно, дн.;  $t$  - тривалість робочої зміни, ч.;  $C$  - число робочих змін за добу;  $y$  - вихід готової продукції і-го виду, %;  $n$  - види продукції.

На основі обумовлених виробничих потужностей ( $M_1$  і  $M_2$ ) мінералогічної характеристики залізорудних кварцитів формується виробнича програма в натуральному і вартісному виразі.

Нова концепція інноваційно-інвестиційного менеджменту сучасного гірничо-збагачувального підприємства обумовлюється такими принципами:

- поєднанні в часі потрібного об'єму і якості концентрату;

- постійним зростанням внутрішнього споживання продукції гірничозбагачувального виробництва;

- системним якісним оновленням технологічної інформаційної оснастки;

- раціональним використанням мінерально-сировинних ресурсів;

- вилучення екологічного напруження в регіоні;

- жорстким контролем за використанням надр з боку держави;

- переформування гірничо-збагачувального комбінату по збагачуванню окислених залізорудних кварцитів (ГОКОР) в лізинговий консорціум нової концепції інноваційно-інвестиційного менеджменту гірничо-збагачувального виробництва.

Далі потоки залізних кварцитів направляють роздільно на виробничі відомі потужності для збагачення відповідно магнетитових та окислених по схемах, що включають багатостадійне подрібнення і помол, наприклад з використанням дробарок ККД-1500/160-250; КСД-300; КМД-3000, млинів МШРУ-45-60; ММС-90-30А, класифікацію у замкнутому циклі помолу та багатостадійне магнітне збагачення (магнітні сепаратори типу ЛБМ-4-150-400, ЕБШМ-1М), дешламацію, обводнення та фільтрацію. А доводку концентрату здійснюють шляхом використання «тонкого грохочення» на самоочисних просіювачих поверхнях.

Траєкторія руху частиць концентрату через просіваючу поверхню із шару куль при цьому способі не перпендикулярна до горизонтальної площини як на шпальтових ситах а представляє собою просторову лінію, характер якої

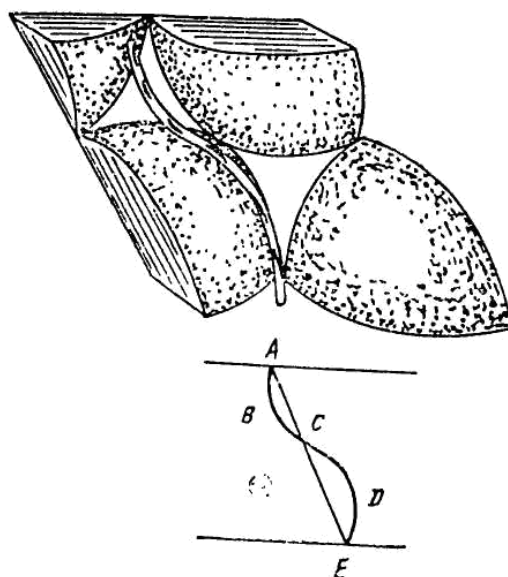
обумовлюється структурою укладки куль в просіваючій поверхні (Фіг.). Процес доводки на запропонованих просіваючих поверхнях регулюється такими параметрами:

- висотою шару куль;
- діаметром і питомою вагою кулі;
- конфігурацією укладки куль;
- впливом пульсуючого потоку води;
- частотою і амплітудою пульсацій;
- зберіганням заданих геометричних параметрів шару і конфігурації ущільнення.

Просіваюча поверхня з ущільненого шару каліброваних насадок забезпечує збільшення пито-

мої потужності процесу «тонкого грохочення», підвищує ефективність «тонкого грохочення» за рахунок ефективної регенерації просіваючої поверхні регулюючим пульсуючим потоком води. При цьому досягається безперервна циклічна очистка пульсуючим потоком води каналів між кулями, чим досягається висока ефективність процесу.

Запропонований спосіб збагачення залізорудних кварцитів забезпечує виробництво загального концентрату з вмістом загального заліза 65,6%. При цьому витяг загального заліза зростає на 15,0%, а витрати руди на тону концентрату знижуються на 30,0%.



Фіг.