

УДК 622.775

В.В. БОТВІННІКОВ,

(Україна, Кривий Ріг, ТОВ «Схід-Руда),

К.В. НІКОЛАЄНКО, канд. техн. наук, **Л.О. ЯВТУШЕНКО**

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

НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ВІТЧИЗНЯНИХ ВИРОБНИКІВ МАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТУ

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Сучасний період розвитку світового ринку залізорудної продукції, значним експортером якої є Україна, характеризується посиленням конкурентної боротьби. Це – наслідок зростання пропозицій якісної залізорудної продукції гірничодобувних компаній, які розробляють родовища зі сприятливими гірничо-геологічними умовами в Австралії, Бразилії, Канаді, Індії, Росії, Швеції. Продукція цих підприємств характеризується високою якістю та низькою собівартістю, що зумовлено передусім природними, тобто геологічними чинниками. Більшість же родовищ багатих залізних руд України має понад віковий період експлуатації, а тривалість розробки родовищ залізістих кварцитів перевищує тридцять років. За цей час було відпрацьовано найбагатшу частину запасів із найсприятливішими геологічними умовами. І нині спостерігається тенденція до зниження якісних показників залізорудної мінерально-сировинної бази, що призводить до зниження конкурентоспроможності продукції залізодобувних підприємств України на світовому ринку. Цілеспрямованість проведення даної роботи пов'язана з підвищенням конкурентоспроможності вітчизняних виробників залізозмісного концентрату.

Аналіз досліджень і публікацій. В даний час основною задачею збагачувальників є, розробка нових технологічних рішень існуючих технологічних схем для зниження техніко-економічних показників отримання з магнетитової руди товарної продукції високої якості.

Існуючі технологічні схеми збагачення магнетитових руд складаються з: 3-х стадій подрібнення в замкнутому циклі з класифікацією по готовому класу, 3-5 стадій магнітної сепарації, 2-3 стадій магнітної дешламації та фільтрації.

Аналіз раніше виконаних робіт по модернізації існуючих технологічних схем показав, що дослідники використовували наступне:

- зміна режиму роботи млинів та класифікуючих апаратів;
- використання подрібнюючих, класифікуючих та збагачувальних апаратів високої одиничної продуктивності;
- введення в технологічну схему сухої магнітної сепарації вихідної руди та додаткових операцій класифікації продуктів схеми;
- збільшення кількості операцій мокрого магнітного збагачення продуктів схеми;

– встановлення в середині схеми магнітних сепараторів з зниженою напруженістю магнітного поля;

– введення в схему додаткової збагачувальної операції – флотації.

Всі ці зміни технологічної схеми давали позитивний результат, але ускладнювали її.

Постановка завдання. Аналіз існуючих технологічних схем переробки магнетитових руд показав, що вони мають наступні проблемні місця:

1. При подрібненні руди в першій стадії в замкнутому циклі, в розвантаженні млина є певна частина розкритої пустої породи та бідних зростків, які потрібно вивести з процесу, бо вони попадаючи в наступну операцію магнітної сепарації знижують якість магнітного продукту.

2. Застосування у першій стадії подрібнення громіздкого та низько ефективного класифікуючого обладнання в вигляді спірального класифікатора, призводить до високого циркуляційного навантаження на млин.

Викладення матеріалу та результати. Авторами розглянуто питання можливості спростити схему збагачення магнетитових руд, при одночасному отриманні якісного концентрату за рахунок:

– дослідження доцільності магнітної сепарації розвантаження млина першої стадії подрібнення при її роботі у відкритому циклі;

– використання у якості класифікуючого апарату гідроциклонної установки «CONTICLASS», в заміні спірального класифікатора.

При дослідженні доцільності магнітної сепарації розвантаження млина першої стадії подрібнення використовувався регенераційний магнітний сепаратор типу ПБМ-П-90/100-Н-13.069. Розвантаження магнітного продукту в цьому сепараторі відбувається не за рахунок подачі на барабан води з бризгал, а шляхом зчищення його спеціальним скребком. Це дозволяє подавати отриманий магнітний продукт безпосередньо в млин другої стадії подрібнення без додаткового згущення. Додатковою перевагою цього сепаратора є підвищена магнітна індукція на поверхні барабана (280 мТл) в порівнянні з звичайними сепараторами (105-127 мТл).

Гранулометричний та мінеральний склад продукту живлення магнітного сепаратора наведено в табл. 1 та 2.

Таблиця 1

Гранулометричний склад живлення магнітної сепарації

Клас крупності, мм	6+3	3+1	1+0,5	0,5+0,25	0,25+0,16	0,16+0,1	0,1+0,071	0,071+0,05	0,05+0	Всього
Вихід, %	8	13	11	12,07	9,42	27,50	-	4,32	17,70	100

Таблиця 2

Мінеральний склад живлення сепарації

Руда	Вміст мінералів(М) і заліза(Fe),%.													
	Магнетит		Гематит		Силікати		Сульфіди		Карбонати		Кварц	Апатит	Всього	
	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	Fe			М	Fe
Магнетитові кварцити	39,6	27,6	9,3	7,7	16,1	1,2	0,06	0,04	2,1	-	32,6	0,3	100	37,6

Випробування показали, що установка даного магнітного сепаратору на розвантаженні млина першої стадії подрібнення, перед другою стадією подрібнення, дозволяє виділити до 18% (від операції) відвальних хвостів з вмістом заліза 11,22% із циклу подрібнення при вмісті твердого в магнітному продукті (живленні млина другої стадії) на рівні 70%.

Для оптимізації роботи млинів другої стадії подрібнення були проведені заходи по заміні існуючих спіральних класифікаторів гідроциклоною установкою «CONTICLASS». Живленням установки було розвантаження млина другої стадії подрібнення.

Гранулометричний склад розвантаження млина другої стадії подрібнення наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Гранулометричний склад розвантаження млина другої стадії подрібнення

Клас крупності, мм	Вихід класів, %	Клас крупності, мм	Вихід класів, %
3,00-6,00	0,78	0,10-0,16	21,00
1,00-3,00	12,50	0,071-0,10	0,20
0,50-1,00	5,28	0,05-0,071	6,80
0,25-0,50	5,93	0-0,05	42,84
0,16-0,25	4,67	Разом	100,00

Аналіз результатів випробування гідроциклонної установки «CONTICLASS» показав, що вона забезпечує ефективність гідрокласифікації по граничному зерну – 0,071 мм на рівні 74,47%. Баланс продуктів розділення по вказаній крупності наведено в табл. 4.

Результати випробування гідроциклонної установки «CONTICLASS» приведено в табл. 5.

В результаті досліджень встановлено що, за рахунок заміни спіральних класифікаторів автоматизованою насос-гідроциклонною установкою «CONTICLASS», можливо знизити циркуляційне навантаження в другій стадії подрібнення з 270% до 113%, підвищити вміст готового класу крупності в зливні класифікації з 75-78% до 89,5% і ефективність класифікації. Це дозволить збільшити питоме навантаження млинів другої стадії подрібнення на 6-15%.

Таблиця 4

Баланс продуктів гідро класифікації подрібненої руди

Показники	Живлення	Злив	Піски
Продуктивність по твердому, т/год	320	150	170
Продуктивність по пульпі, м ³ /год	578,5	468,5	109,9
Вміст твердого, %	40,0	26,20	74,70
Вміст кл.-0,071 мм, %	49,60	89,50	14,50
Ефективність розділення по класу – 0,071 мм, %		74,47	

Таблиця 5

Результати випробування та технічні параметри гідроциклонної установки «CONTICLASS»

Параметри процесу	Одиниці ви- міру	Чисельні значення
Продуктивність по пульпі	м ³ /год	578,5
Продуктивність по твердому	т/год	320,0
Щільність пульпи	т/м ³	1,38
Ефективність гідрокласифікації (по крупності – 0,071 мм), не менше	%	74,47
Масова частка класу крупністю – 0,071 мм у зливі гідроциклона, не менше	%	89,5
Зміст твердого у вихідному продукті	%	40,0
Вміст твердого в пісках гідроциклона	%	74,7
Вміст твердого в зливі гідроциклона	%	26,2
Швидкість потоку пульпи в трубопроводі	м/с	3,27
Критична швидкість пульпи в трубопроводі	м/с	2,2
Тиск на вході в гідроциклон	кПа	95
Частота обертання валу насоса	об/хв.	1490
ККД насоса	%	78,0
Встановлена потужність на валу насоса	кВт	126
Потужність електродвигуна	кВт	160
Діаметр напірного трубопроводу	мм	250
Витрата ущільнюючої води: макс. / мін.	л/хв.	36/12
Загальний натиск	м.вод.ст.	45,5
Діаметр гідроциклона	мм	650
Діаметр вхідної насадки	мм	211
Діаметр зливної насадки	мм	290
Діаметр піскової насадки	мм	130
Кількість гідроциклонів 650CVX Savex	шт.	робочий + резервний
Матеріал футеровки робочого колеса і корпусу		A05
Маса насосу	Кг	1300

По результатам проведених досліджень рекомендовано технологічну схему збагачення магнетитових руд (рис. 1).

По рекомендованій технологічній схемі, із вихідної руди з вмістом заліза 37,7%, можливо отримати концентрат з вмістом заліза 65,0%, при його виході 45,2% та вилученні заліза 77,9%. Вміст заліза загального в хвостах складе 15,2%. Вихід концентрату по даній схемі вище на 5-10%, ніж по існуючим схемам.

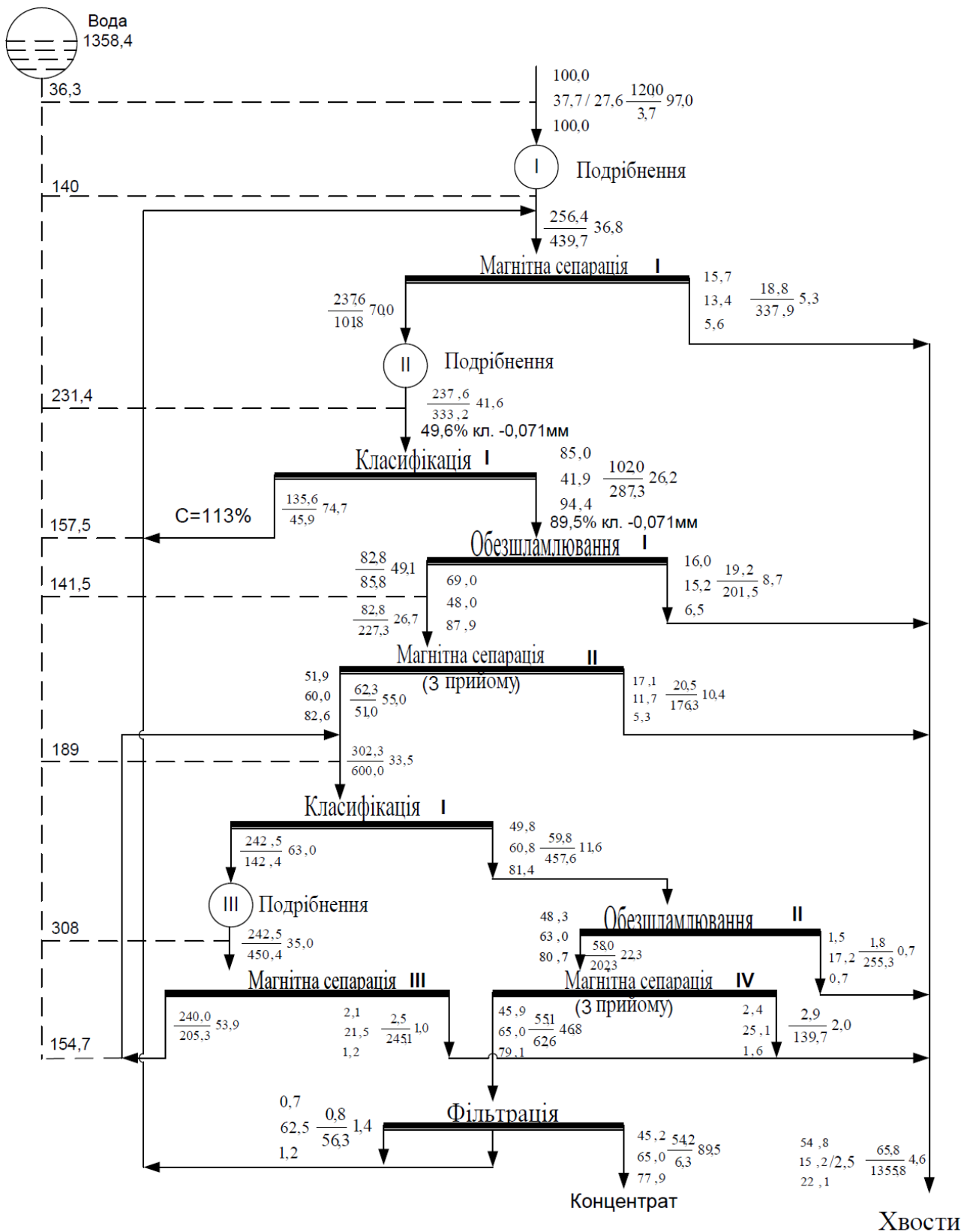


Рис. 1. Рекомендована технологічна схема збагачення магнетитових руд

Висновки та напрямки подальших досліджень

Таким чином, рекомендована технологічна схема збагачення дозволяє отримати по спрощеній технології якісний магнетитовий концентрат з високим його виходом, при суттєвому зниженні витрат на виробництво. Напрямком подальших досліджень, є застосування сухої магнітної сепарації вихідної руди.

Список літератури

1. Кармазин В.И. Обогащение руд черных металлов. – М.: Недра, 1982 – 215 с.
2. Остапенко П.Е. Обогащение железных руд – М.: Недра, 1985 – 274 с.
3. Железородная база России / Под. ред. Орлова В.П., Веригина М.И. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998 – 842 с.
4. Авдохин В.М., Губин С.Л. Современное состояние и основные направления развития процессов глубокого обогащения железных руд // Горный журнал. – М., 2007 – № 3.
5. Кармазин В.В. Перспективы развития технологии обогащения железнорудного сырья // Горный журнал. – М., 2008. – № 12. – С. 81-84

© Ботвінников В.В., Ніколаєнко К.В., Явтушенко Л.О., 2018

*Надійшла до редколегії 12.09.2018 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*