

УДК 622.74.913.3

Т.А. ОЛІЙНИК, д-р техн. наук,

Л.В. СКЛЯР, канд. техн. наук,

М.О. ОЛІЙНИК, канд. техн. наук,

Н.В. КУШНІРУК, канд. техн. наук, **А. Ю. СКЛЯР**

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

І.А. КОРЖАН

(Україна, Кривий Ріг, ПРАТ "ПІВНГЗК")

ВИКОРИСТАННЯ ТОНКОГО ГРОХОЧЕННЯ В УМОВАХ ПРАТ ПІВНЧОГО ГЗК

Проблема та її зв'язок з науковим та практичним завданням

В даний час актуальною проблемою для гірничо-металургійної галузі світу, і зокрема нашої країни є підвищення конкурентоспроможності товарної продукції. Основними вимогами, висунутими підприємствами, є зростання продуктивності, підвищення якості продукції, що випускається, зниження виробничих витрат і зменшення впливу на навколишнє середовище. При цьому спостерігається зростання світових цін на енергоносії, збільшення вартості сировини і металургійного переділу. В сучасних умовах жорсткої конкуренції більшість гірничо-збагачувальних підприємств ведуть пошук високоефективних технологій для удосконалення своїх виробничих потужностей.

Одним із шляхів вирішення даної задачі є впровадження операції тонкого грохочення.

Аналіз досліджень і публікацій

Перші кроки застосування тонкого грохочення були зроблені у кінці 60-х і початку 70-х років в США. А в Україні тонке грохочення було випробувано в 1972-1973рр. на "Полтавському ГЗК". Практика використання тонкого грохочення на залізорудних збагачувальних фабриках налічує кілька десятиліть. Але тільки в останні 10-15 років процес тонкого грохочення отримав досить широке поширення в технологічних схемах збагачення залізних руд в різних країнах: Росія, Казахстан, Бразилія, США, Канада, Мексика та інші [1-4].

Сьогодні на збагачувальних фабриках далекого і ближнього зарубіжжя встановлюються грохоти провідних фірм: "Деррік" (США), "NHІ" (Китай), Компанія "Knelson", Компанія "Crush Technologies Ltd", корпорація Metso. Аналіз літературних джерел показав, що істотним недоліком грохотів більшості фірм є швидкий знос клиноподібних колосників, швидке забивання щілин, що знижує вихід тонких класів в підрешітний продукт і вимагає часті зупинки грохотів для очищення або заміни сит. 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

Підготовчі процеси збагачення

корпорації Derrick. Сита грохотів фірми Derrick мають підвищений коефіцієнт живого перетину і підвищене самоочищення від важких зерен.

В даний час в Україні працюють 5 гірничо-збагачувальних комбінатів і гірничо-збагачувальний комплекс у складі ВАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" з переробки магнетитових кварцитів. Дослідження по впровадженню тонкого грохочення на ряді підприємств при малих капітальних витратах дозволило досягти підвищення вмісту заліза в магнетитових концентраті від 1,7% до 2,7%.

Для визначення можливості впровадження операції тонкого грохочення в технологію збагачення магнетитових кварцитів з використанням високочастотних грохотів були проведені дослідження на рудах "АрселорМіттал Кривий Ріг", ПВДГЗК, ПВНГЗК

Так для підвищення якості залізорудного концентрату на збагачувальній фабриці гірничо-збагачувального комплексу "АрселорМіттал Кривий Ріг" застосували тонке грохочення та розробили два варіанти технологічних схем: 1 – з тонким грохоченням у відкритому циклі; 2 – з тонким грохоченням в замкнутому циклі подрібнення. За першою схемою концентрат секції піддавався тонкому грохоченню. Надрештний продукт допрацьовувався на окремих секціях. Схема з тонким грохоченням у відкритому циклі дозволила отримувати 27,71% високоякісного концентрату з масовою часткою заліза 68,0%. З надрештного продукту виділяється рядовий концентрат із масовою часткою заліза 65,1%. За другою схемою в третій стадії подрібнення замість гідроциклонів використовували грохоти корпорації Derrick. При продуктивності секції по вихідній руді 405,4 т/год вихід концентрату складав 35,32% (141,28 т/ч) і вміст заліза в ньому 68%. В даний час для збагачувальної фабрики №2 ГЗК "АрселорМіттал Кривий Ріг" розроблена проектна документація для реконструкції секції № 10 за схемою із застосуванням тонкого грохочення у відкритому циклі [6].

В умовах ВАТ "ПВДГЗК" проведені полупромислові випробування по двохстадіальній технологічній схемі з заміною операції класифікації в гідроциклонах на класифікацію з використанням технології тонкого грохочення на грохотах Derrick. Випробування проводилися як за технологічною схемою, з додатковими технологічними операціями в схемах (магнітна сепарація II і IV стадій, дешламації перед подрібненням, а також з використанням різних комбінацій просіючих поверхонь на грохотах Derrick:

- проведені напівпромислові випробування трьохстадіальних технологічних схем із заміною операції класифікації у гідроциклонах на класифікацію з застосуванням технології тонкого просівання на грохотах Derrick:

1. замкнутий цикл II і III стадії подрібнення з грохотом, відповідним цим стадіями;

2. комбінація замкнутого циклу в II стадії подрібнення з відкритим циклом в III стадії подрібнення;

3. Трьохстадіальна схема з межцикловим грохоченням у відкритому циклі.

Випробування вище розглянутих технологічних схем проводилися з різними комбінаціями просіючих поверхонь на грохотах тонкого просівання Derrick

та з частковими змінами в вузлі "класифікація – подрібнення" III стадії. В ході напівпромислових випробувань в результаті застосування технології тонкого просівання був отриманий концентрат з масовою часткою Fe_{заг.} більше 67%. Концентрат з таким вмістом було отримано як по 3-х стадіальній схемі, так і по 2-х стадіальній схемі.

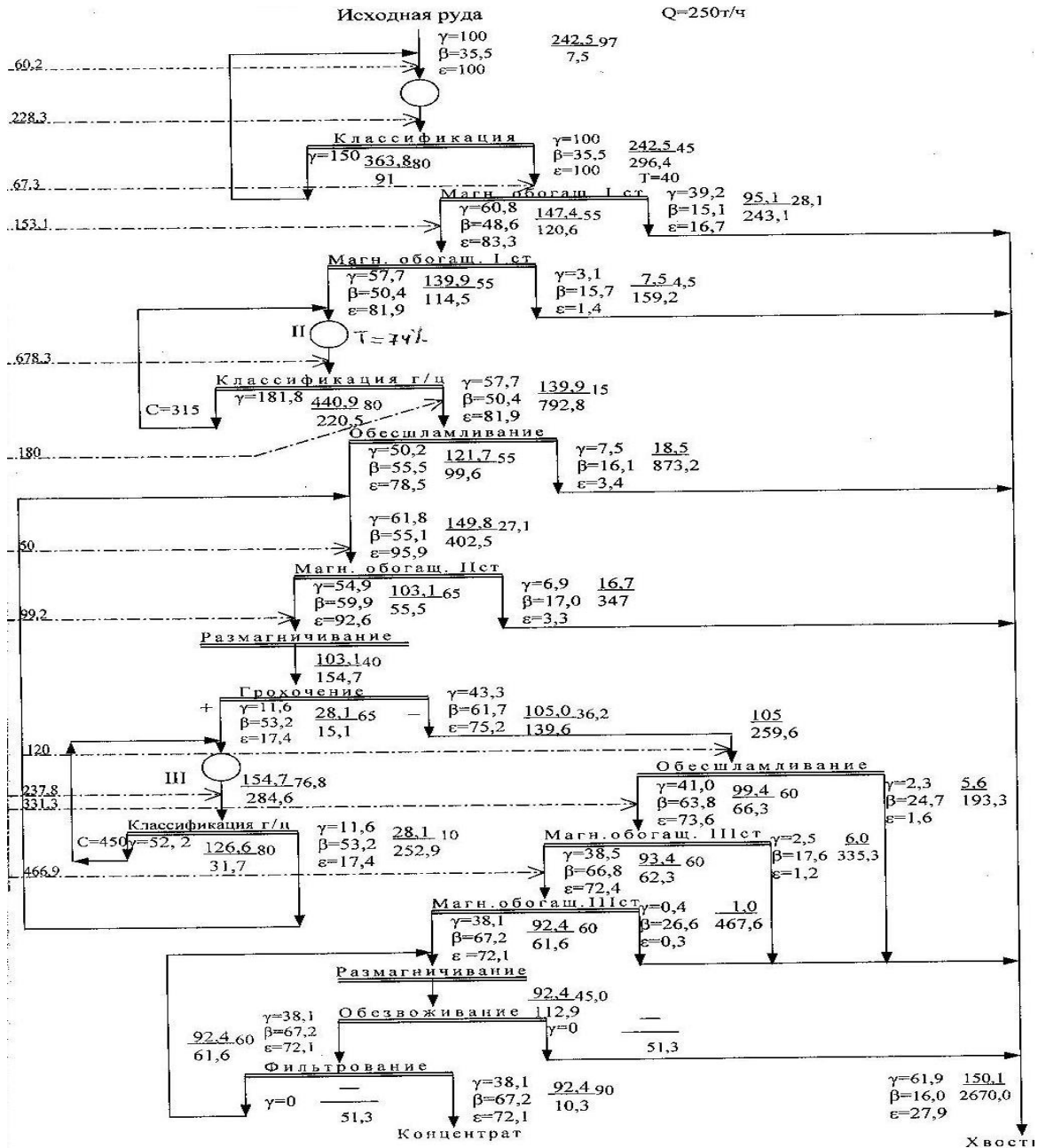


Рис. 1. Рекомендована технологічна схема ПІВНГЗК

На ПІВНГЗК проходили випробування по впровадженню тонкого грохочення в замкнутому циклі з заміною операції класифікації в гідроциклонах на класифікацію з використанням тонкого грохочення на грохотах Derrick. Очікуваний результат: --можливість виведення з роботи 18 млинів в 3 стадії і 9 млинів в другій стадії – можливість виключення операції дешламації 2 стадії і маг-

Збагачення корисних копалин, 2018. – Вип. 69(110)

Підготовчі процеси збагачення

нітної сепарації 4 стадії – збільшення випуску концентрату, що містить 66% заліза. Однак, дана технологія не дає можливості підвищення якості концентрату.

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 знешламується і збагачується на магнітному сепараторі (III стадія).

Надрешітний продукт подрібнюється, класифікується. Злив класифікатора повертається на магнітне збагачення у другу стадію [7]. В комплексі це дозволяє збільшити масову частку заліза в концентраті або знизити питомі витрати на переробку руди.

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. В 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 0,05 мм. При класифікації в гідроциклоні (діюча схема) основна частина розкритих зерен залишається в пісках подрібнюється і відповідно шламується. 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 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 [7-9].

За даною технологією отримано концентрат з вмістом заліза 67,2% і вилученням заліза – 72,1%. Однак, запропонована технологія вимагала реконструкції діючої фабрики.

Таким чином, технології збагачення магнетитових руд з використанням тонкого грохочення принципово можна розділити на три напрями: 1. Застосування тонкого грохочення для підвищення якості готового концентрату. 2. Використання тонкого грохочення для стадіального виведення готового продукту по крупності перед останньою стадією подрібнення. 3. Застосування тонкого просівання в замкнутому циклі подрібнення замість гідроциклонів [5, 10].

Постановка завдання

В умовах ПРАТ "ПівнігЗК" проводили дослідження за двома напрямками: 1. використання тонкого грохочення для стадіального виведення готового продукту по крупності перед останньою стадією подрібнення. 2. Застосування тонкого просівання в замкнутому циклі подрібнення замість гідроциклонів. Напрямок наших досліджень – можливість застосування тонкого грохочення для підвищення якості готового концентрату. У роботі ми використовували розкриття мінералів, ситові характеристики та розподіл заліза в класах крупності магнетитових продуктів.

Мета роботи – розглянути можливість використання тонкого грохочення для виробництва концентрату з масовою часткою заліза не менше 68,0% на секціях РОФ-1 ПРАТ "ПівнігЗК".

Викладення матеріалу і результати

Лабораторні дослідження проводили на рудах поточного видобутку. За мінеральним складом вихідна руда ПРАТ "ПівнігЗК" представлена кварцем 49,9%, магнетитом -32,35. Гематит, кальцит, силікати складають 17,75%. Мінеральний склад вихідної руди наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Мінеральний склад вихідної руди

Клас крупності, мм	Кварц	Магнетит	Гематит	Кальцит	Силікати	Пірит	Інші	Середнє
Середнє по пробі	49,9	32,35	3,52	7,12	4,47	0,4	2,24	100

Підвищений вміст заліза в тонких класах у вихідній руді, додробленої до 20-0 мм, обумовлюється відмінністю в міцності магнетиту і кварцу Розподіл $Fe_{\text{езар}}$ та $Fe_{\text{маг}}$ по класам крупності у вихідній руді наведено на рис. 1.

Підготовчі процеси збагачення

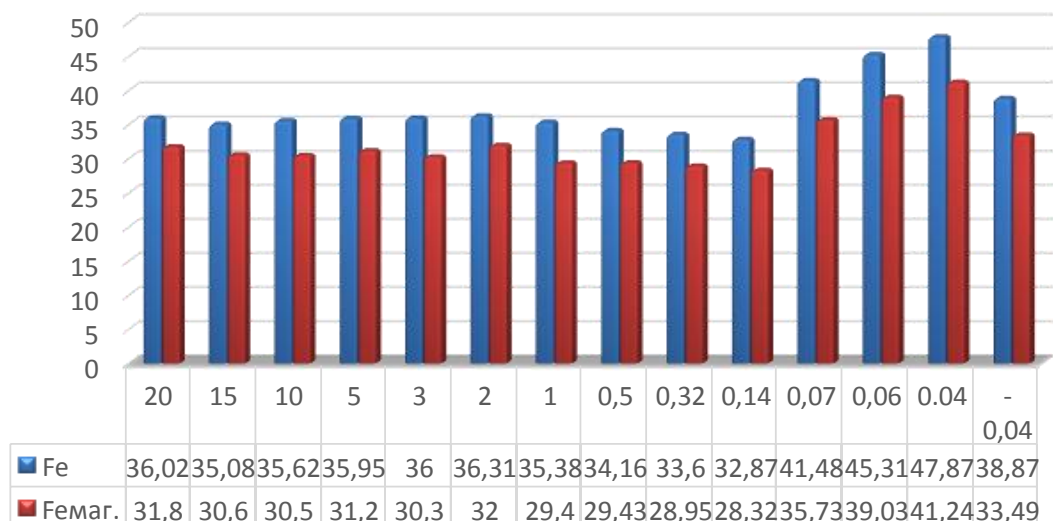


Рис. 1. Розподіл $F_{\text{езаг}}$ та $F_{\text{маг}}$ по класам крупності у вихідній руді

Коефіцієнт розкриття мінералів в пробі руди низький, становить для кварцу 6,44%, магнетиту -5,53, гематиту – 6,87% (таблиця 2).

Таблиця 2

Коефіцієнт розкриття мінералів у вихідній руді

Клас крупності, мм	Кварц	Магнетит	Гематит	Кальцит	Сілікати	Пірит	Інші	Середнє
Середнє по пробі	6,44	5,33	6,87	8,27	7,27	4,38	5,04	6,23

У процесі збагачення кількість тонкого класу збільшується, що підтверджується графіком розкриття мінералів за стадіями збагачення (рис. 2). Як видно з діаграми найвище розкриття мінералів в третій стадії збагачення.

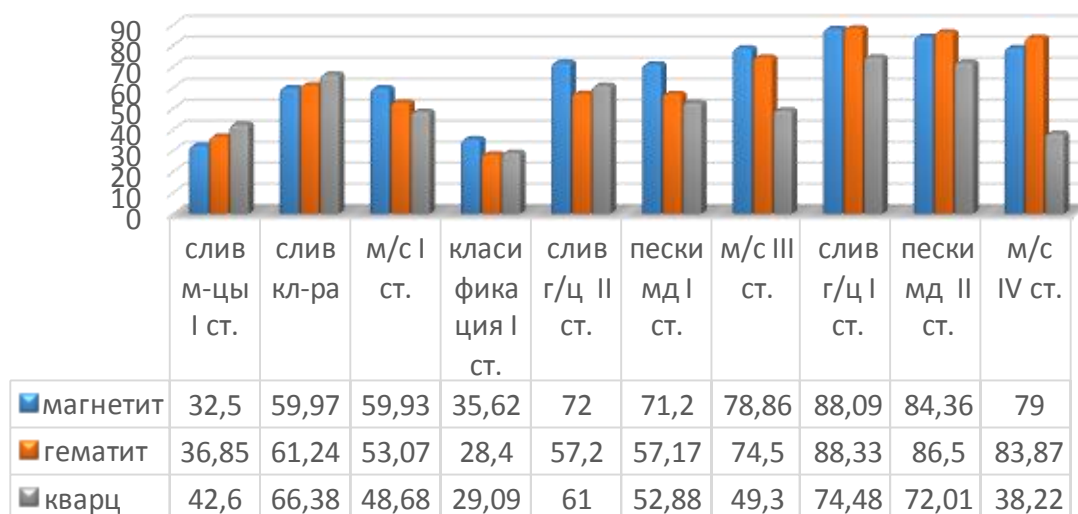


Рис. 2. Коефіцієнт розкриття мінералів за стадіями збагачення

Вивчено мінеральний склад концентрату магнітної сепарації четвертої стадії (табл.3).

Таблиця 3

Мінеральний склад концентрату магнітної сепарації четвертої стадії								
Клас крупності, мм	Кварц	Магнетит	Гематит	Кальцит	Сілікати	Пірит	Інші	Середнє
Середнє по пробі	8.67	84.97	1.70	1.81	1.86	0.21	0.78	100

З таблиці видно, що продукт четвертої стадії магнітної сепарації представлено на 84,97% магнетитом. Вміст нерудних мінералів в пробі 13,3%. Вільного кварцу трохи більше 8%, він знаходиться в зростках. Коефіцієнт розкриття мінералів в матеріалі проби концентрату магнітної сепарації четвертої стадії наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Коефіцієнт розкриття мінералів в матеріалі проби концентрату магнітної сепарації четвертої стадії								
Клас крупності, мм	Кварц	Магнетит	Гематит	Кальцит	Сілікати	Пірит	Інші	Середнє
Середнє по пробі	38,22	79,01	83,87	79,56	74,72	37,71	74,85	66,85

Хімічний склад концентрату магнітної сепарації четвертої стадії наведено у таблиці 5. У пробі продукту четвертої стадії магнітної сепарації класи крупності мінус 0,045 мм містять заліза від 67,42%. Вихід цього класу дорівнює 94,23%.

Таблиця 5

Хімічний склад концентрату магнітної сепарації четвертої стадії									
Продукт	Найменування		Гранулометричний склад та масова частка заліза по класам					Вихід	
			+0,14	-0,14 +0,07	-0,07 +0,056	-0,056 +0,045	-0,045	Fe в пробі	Fe mag в пробі
Піски МД 2 стадії	Вихід класу, %		1,11	5,27	6,1	7,99	79,55	100,0	
	Масова частка Fezag, %	63,15	23,26	29,01	47,27	60,16	67,53	63,19	
	Fe mag, %	58,30	17,52	18,07	40,72	57,12	62,98	58,29	
Концентрат 4 стадії	Вихід класу, %			0,69	2,00	3,14	94,23	100,0	
	Масова частка Fezag, %	65,01		17,73	21,53	37,95	67,42	65,26	
	Fe mag, %	60,00		14,16	18,44	32,76	62,26	60,15	

Підготовчі процеси збагачення

Масова частка заліза в концентраті діючої фабрики 65%. Дана якість не задовольняє вимогам ринку до товарної продукції, тому ми розглянули можливість установки високочастотного грохоту після 4 стадії магнітної сепарації з розсівом по класу 0,045 мм. Аналіз результатів показав, що підвищення заліза в підрешетному продукті може бути досягнуто вище 67,0%. Перед тонким грохоченням передбачена операція розмагнічування, яка дозволяє дефлокулювати продукти. Це, по-перше, збільшує ефективність грохочення, по-друге, звільняє захоплені нерудні зерна з флокулами, а також покращує процес фільтрування.

Приріст масової частки заліза в підрешетний продукт становить понад 1,5%. Так як живий перетин сита з літературних джерел становить від 32 до 43%, то в надрешітного продукті присутня значна кількість дрібних класів. Цим же пояснюється і висока масова частка заліза в надрешітному продукті 63,96%. Тому в запропонованій схемі обов'язкова установка класифікації надрешітного продукту в гідроциклоні. Піски гідроциклону направляються на іншу секцію в 3-стадію подрібнення. Для отримання концентрату з масовою часткою заліза 68% необхідна п'ята стадія магнітної сепарації.

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Згідно з результатами проведених досліджень на рудах поточного видобутку Північно-Західного при повному впровадженні операції тонкого грохочення на високочастотних грохотах після IV стадії магнітної сепарації можливо випуск високоякісного та конкурентоспроможного на залізорудному ринку концентрату з вмістом заліза більше 68,03%, 26,08% по виходу і вилученням 50,19%. Піски класифікації 15,26% по виходу з якістю 63,03% і вилученням 27,21% допрацьовуються на іншій секції з отриманням якістю концентрату 65,5%. Вихід концентрату складає 13,74%, сумарний вихід товарного продукту становить 39,82%, вилучення 75,65%.

Рекомендується виконати ТЕО і провести більш глибокі дослідження з розробки оптимального режиму грохочення і впровадження тонкого грохочення на кінцевій стадії збагачення.

Список літератури

1. Анализ работы зарубежных обогатительных и окомковательных фабрик для обработки магнетитовых руд / Т.Т. Бердышева, Н.И. Мещерякова, Л.А. Рейтаровская, Н.С. Ревзина – М.: ЦНИИТЭП ЧМ, 1982 (обзорная информация. Черная металлургия), – 95 с.
2. Першуков А.А., Першуков А.А. Горнорудная промышленность – пути и методы реализации программы энергосбережения. – М.: Центр физико-технических исследований и новых технологий (ЦФТИ и ТП), 1996, – 117 с
3. Пелевин А.Е., Лазебная М.В. Применение грохотов "Деррик" в замкнутом цикле измельчения на обогатительной фабрике ОАО "Комбинат КМАруда" // Обогащение руд. – 2009. – №2. – С.4-8.
4. Веннер Дж., Тране Н., Лемс В.Ю. Опыт применения вибрационных грохотов корпорации "DERRICK" при обогащении железных руд. // Горный журнал. – 2002. – №3. – С. 60-64.

5. 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.

6. Ширяев А.А. Применение тонкого грохочения для повышения качества железорудного концентрата на обогатительной фабрике горно-обогатительного комплекса "Арселор-Миттал Кривой Рог" / А.А. Ширяев, Е.Н. Нескоромный, А.И. Мироненко, С.А. Самохина, С.С. Старых // Вісник КНУ. – Кривой Рог, 2013.

7. Хміль І.В. Виробництво залізорудного концентрату в умовах РЗФ-1 ПАТ ПівнігЗК 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.

8. Булах О.В., Хміль І.В., Булах О.О. Тонке грохочення як перспективний метод підвищення ефективності збагачення магнетитових кварцитів // Гірничий вісник. – 2015. – № 100. – С. 102-105.

9. Булах О.В. Визначення доцільності використання операції тонкого грохочення при збагаченні магнетитових кварцитів // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2017. – Вип. 67(108). – С. 49-56.

10. Пелевин А.Е. Тонкое грохочение и его место в технологи обогащения железных руд // Известия вузов. Горный журнал – 2011. – № 4. – С. 111-117.

© Олійник Т.А., Скляр Л.В., Олійник М.О., Кушнірук Н.В., Скляр А. Ю., Коржан І.А., 2018

Надійшла до редколегії 15.03.2018 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим

УДК 622.74

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук

(Украина, Днепр, ОП "Укрниуглеобогащение" ГП "Углеинновация"),

А.М. БЕРЛИН, канд. техн. наук

(Украина, Днепр, ОП "Укрниуглеобогащение" ГП "Углеинновация"),

О.В. ПОЛУЛЯХ, канд. техн. наук

(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССОВ КРУПНОСТИ ПРИ СУХОМ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ГРОХОЧЕНИИ УГЛЯ

Технологические показатели углеобогажительных фабрик в значительной мере зависят от эффективности работы узла подготовительного грохочения, определяющего распределение рядового угля по машинным классам. Это распределение необходимо учитывать при расчете практического баланса продуктов обогащения угля и при расчетах качественно-количественных и водно-шламовых схем проектируемых и реконструируемых углеобогажительных фабрик.