

Поріг розрешаючої здібності сепаратору в залежності від крупності класу що проходить сортування змінюється від 0,1-0,05 % - на дрібному класі, та до 0,02-0,04 - на крупному класі, що достатньо для якісного сортування радіоактивних руд.

При використанні РЗФ у відвал виходить більше 35 % відвальних хвостів (без урахування хвостів, що виділяються на РКС). З бідних руд вихід відвальних хвостів складає 40-60 %.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином введення радіометричного сортування дозволить зменшити кількість вихідної сировини що подається на збагачення. Зменшення вихідної сировини відбувається завдяки виділення порожньої породи з загальної кількості вихідної сировини. Завдяки чому зменшуються витрати на перевезення, та подальші підготовчі та збагачувальні процеси, при цьому об'єм уранового концентрату що випускає підприємство залишається незмінним.

Список літератури

1. **Бабак М.И., Кошик Ю.Й., Авдеев О.К., Безродный С.А. и др.** Добыча и переработка урановых руд в Украине // Київ. – АДЕФ-Украина. – 2001. 238с.
2. **Чернов А.П., Уманец М.П.** Стратегия развития атомно-промышленного комплекса Украины // Сборник трудов регионального энергетического форума МИРЭС «Киев-2000». – Киев. 2000. – С. 57-65.
3. **Бабак М.И.** Состояние и перспектива развития производства урана в Украине // «Атомна енергетика та промисловість України» – 1999. – №2 – С.11-13.
4. **Бойцов А.В., Тарханов А.В.** Минерально-сырьевая база и урановая промышленность мира // ВИМС «Минеральное сырьё». – 2000. – №7 – С.38.
5. OttG. „The Global Energy context – Chances and Challenge for the 21st century”. // Международный симпозиум МАГАТЭ по урановому производству цикла и защите окружающей среды. – Вена. 2000. – С. 7-14.
6. **Беккер Е., Босхотен Б., Дженсен Р.** Обогащение урана / перевод с английского И.К. Кикоина / Москва. – Энергоатомиздат. – 1983. 318с.
7. **Галкин Н.П., Тихомиров В.Б.** Основные процессы и аппараты технологии урана // Москва. – Издательство литературы в области атомной науки и техники. – 1961. 219с.

Рукопис подано до редакції 25.02.12

УДК 622.755

О.В. БУЛАХ, канд. техн. наук, З.В. СІРОКЛІН, магістрант
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Х.У. КОВАЛЬЧУК, канд. техн. наук

Криворізький гірничо-збагачувальний комбінат окислених руд

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЦЕСУ КЛАСИФІКАЦІЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗБАГАЧЕННЯ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ

Розглянуто питання підвищення якості магнетитового концентрату з використанням контрольної класифікації зливу спірального класифікатора та окремого збагачення зернистої та шламистої частин.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Одним з актуальних питань на даний час є підвищення якості концентратів на гірничо-збагачувальних комбінатах. Робота гірничо-збагачувальних комбінатів, що переробляють залістисті кварцити, у сучасних ринкових умовах потребує удосконалення техніки та технології переробки залізородної сировини з отриманням товарної продукції потрібної якості та високої рентабельності. Виробництво товарної залізородної продукції на гірничо-збагачувальних комбінатах України та країн СНД засновано на переробці тонковкраплених магнетитових руд. При цьому основну кількість магнетитових концентратів отримують методами мокрої магнітної сепарації.

На даний час на фабриках Криворізького залізородного басейну збагачення магнетитових кварцитів здійснюється за технологією, що включає 3-4 стадії дроблення, 3 стадії кульового подрібнення і класифікації, 3-5 стадій магнітної сепарації, 2-3 стадії знешламлення та фільтрацію концентрату.

На вітчизняних фабриках виділення хвостів збагачення проводиться починаючи з першої стадії магнітної сепарації. При цьому з процесу виводиться 35-50% нерудного матеріалу. Характерним для технології збагачення магнетитових кварцитів є застосування розгалужених схем магнітної сепарації, що дозволяє вивести з процесу нерудний матеріал по мірі його розкриття, а також знизити крупність подрібненого матеріалу за рахунок збільшення стадій подрібнення з 2-

х до 3-х або навіть до 4-х. При цьому побудова технологічних схем збагачення залишається незмінною: стадіальне виділення відвальних хвостів, і лише у останній стадії магнітної сепарації отримання готового концентрату.

Застосована технологія збагачення магнетитових кварцитів на більшості фабрик не забезпечує високого вилучення заліза у концентрат через неминуче надмірне переподрібнення рудних та нерудних мінералів, погіршуючи умови отримання концентрату високої якості.

Тенденція повного розкриття мінералів розвивається у зв'язку з розробкою родовищ бідних важкозбагачуваних тонковкраплених руд. Достатньо повне розкриття мінералів досягається розмолотом руди у дві-три стадії у замкнених циклах з попередньою та повірочною класифікацією. Такі технологічні схеми стали класичними. Однак, по мірі розкриття рудних і нерудних мінералів їх виведення з циклів подрібнення і класифікації існуючими способами і апаратами не забезпечується. Розрахунки показують, що у другій та третій стадіях подрібнення та класифікації постійно циркулює така ж кількість готового за крупністю продукту. Це пояснюється низькою технологічною ефективністю циклів класифікації, що складає 25-50% для другої та 25-40% для третьої стадій.[1]

Одним з основних недоліків традиційних технологічних схем збагачення сильномагнітних залізних руд є неселективна магнітна флокуляція подрібненого матеріалу у магнітних полях сучасних магнітних сепараторів з напруженістю магнітного поля 110-120 кА/м. При цьому виникає утворення міцних неселективних флокул (агрегатів, конгломератів), що складаються з розкритих рудних та нерудних часток різної крупності, а також зростків рудних мінералів з порожньою породою. Внаслідок високої остаточної намагніченості зерен магнітних мінералів, вони утворюють достатньо міцну зовнішню оболонку флокул, усередині яких знаходяться розкриті зерна кварцу та бідні зростки, що призводить до розубожування магнітних продуктів та зниження їх якості.

Неселективна магнітна флокуляція суттєво знижує ефективність гідравлічної класифікації за крупністю подрібнених сильномагнітних руд тому, що в піски гідроциклонів потрапляють не тільки зростки рудних та нерудних мінералів, але й магнітні флокули, що містять розкриті зерна магнітних мінералів, переподрібнення яких призводить до підвищення втрат заліза з хвостами збагачення [2].

На даний час з'явилося нове або модернізоване обладнання та вдосконалені технології збагачення, в тому числі й обладнання та технології процесу класифікації, що дозволяють отримати конкурентоспроможні на ринку залізорудної сировини високоякісні концентрати. Операція класифікації має великий вплив на ефективність роботи вузла подрібнення, а також на подальше збагачення матеріалу.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз продуктів класифікації з розподіленням заліза за класами крупності показав, що тонкі фракції пісків представлені переважно магнетитом, а зливи розубожені зростками магнетиту з порожньою породою. За результатами ситового і магнітного аналізу можна спостерігати, що у класі $-0,071+0,044$ мм і $0,044-0$ мм пісків гідроциклонів вміст заліза на 1,7-14,2 % вище у порівнянні зі зливом гідроциклонів, а кремнезему - нижче відповідного класам крупності на 1,1-17,3 %. Таке розподілення заліза та кремнезему по класам крупності пояснюється особливостями класифікації магнетитових пульп у гідроциклонах. У полі відцентрових сил розділення матеріалу відбувається, передусім, за щільністю і у меншій мірі - за крупністю. Це приводить до того, що у злив гідроциклонів надходять крупні зростки магнетиту з порожньою породою, а у тонкі класи пісків йде розкритий магнетит. Таким чином виникає засмічення концентрату кремнеземом, створюються умови для переподрібнення магнетиту, знижується ефективність роботи вузла подрібнення, що призводить до нерационального використання виробничих потужностей, перевитратам електроенергії та тіл, що мелють [3].

Збагачення магнетитових кварцитів на гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу ведеться методом стадіального виділення хвостів з отриманням кінцевого концентрату, що містить 63,6-67,4 % заліза.

Розкриття магнетиту виникає при крупності подрібнення 90-97 % класу $-0,05$ мм. Ступінь розкриття рудних мінералів у концентраті змінюється від 78 до 93 %. За результатами магнітного аналізу промпродуктів I стадії збагачення вміст заліза в них не перевищує 60,6 %.

В існуючих схемах і методах подрібнення, коли корисний мінерал подрібнюється, в основному, до $0,05$ мм, незалежно від його вкрапленості в нерудних мінералах, виникає неминучість

переподрібнення магнетиту. Зі зменшенням крупності подрібнення знижується ефективність розділення [4].

Для досягнення високих якісних показників збагачення, збільшуються витрати води, підвищується кількість операцій розділення. З сучасних технологічних схем ГЗКів Кривбасу розповсюдженою є схема з трьома стадіями подрібнення, п'ятьма стадіями магнітної сепарації й трьома стадіями дешламації. Витрата зворотної води складає 9-14 м³/т вихідної руди. Подальше зростання якості магнетитових концентратів до 67-68,5 % можливе за рахунок збільшення крупності подрібнення до 93-95 % класу -0,044 мм. Подрібнення до такої крупності у млинах без зниження продуктивності секцій по вихідному живленню й розширення фронту класифікації, дешламації, сепарації неможливе. Підвищення якісних показників збагачення можливо досягнути за рахунок часткового виведення концентрату після першої стадії магнітної сепарації й зниження кількості промпродукту, що надходить у наступні стадії подрібнення. Виділення магнетиту у кінцевий концентрат, що містить 65-67 % заліза, можливо при розкритті рудних мінералів не нижче 90 %, для чого необхідним є проведення контрольної класифікації зливу класифікатора до отримання у зливі 93-97 % класу -0,044 мм для наступного його збагачення. [4]

Постановка завдання. У зв'язку з необхідністю підвищення якості концентрату без зниження його виробництва, виникла необхідність вдосконалення технологічної схеми збагачення з мінімальними капітальними витратами. Для вирішення поставленої задачі необхідним є вдосконалення існуючих технологічних схем збагачення магнетитових кварцитів з використанням окремого збагачення несфлюкульованих рудних потоків різного гранулометричного складу.

Викладення матеріалу та результати. Для підвищення ефективності контрольної класифікації зливу спірального класифікатора інститутом «Механобрчермет» був розроблений на базі стандартного гідроциклону відцентрово-гравітаційний апарат (ЦГА) [5], обладнаний гравітаційною камерою. Поєднання у одному апараті відцентрового та гравітаційного полів дозволяє підвищити ефективність класифікації тонкоподрібнених руд. Установка таких апаратів дозволяє знизити переподрібнення рудних мінералів у першій стадії подрібнення виділенням зливу, придатного для отримання з нього кінцевого концентрату за рахунок одночасної дії на подрібнені частки мінералів відцентрових та гравітаційних сил [4].

Дослідження проводилися на промпродуктах збагачення ІнГЗК та концентраті ЛебГЗК, на руді Першотравневого кар'єру та концентраті ПівдГЗК. Так, при класифікації промпродукту першої стадії збагачення Північного ГЗК у апараті діаметром 150 мм ефективність розділення по класу -0,044 мм склала 72 % при вмісті у зливі готового класу 93-95 % [4].

Так як найбільш гостро стоїть питання підвищення якості концентрату на Інгулецькому гірничо-збагачувальному комбінаті, в інституті «Механобрчермет» була розроблена й перевірена у напівпромислових умовах технологія збагачення магнетитових кварцитів зі стадіальним виділенням концентрату, що дозволяє при збагаченні руди Інгулецького родовища підвищити вміст заліза у концентраті з 63,4 до 66,8 %, при цьому збільшити вихід концентрату з 36,9 до 41,1 %. У якості апарату для контрольної класифікації був вибраний відцентрово-гравітаційний апарат [4].

Магнетитові кварцити мають шарувату структуру. Типи агрегації магнетиту: поліедричні-зросткові, гілчасто-зросткові, вкраплений і суцільний. Головним рудним мінералом є магнетит, другорядним - гематит; головні нерудні мінерали - кварц, кумінгтоніт та карбонати (сидероплезит, доломіт, кальцит), другорядні - біотит, гранат, хлорид, плагіоклаз. Вміст сульфідів в рудах коливається від 0,2 до 0,7 %, переважає піротин. За якісним складом та збагачуваністю у продуктивній товщі виділено сім мінералого-технологічних різновидів неокислених залізистих кварцитів.

Хімічний та мінералогічний склад вихідної руди приведені у табл. 1,2.

Фазовий склад мінералого-технологічних різновидів залізистих кварцитів ІнГЗК наведено у табл. 3.

Таблиця 1

Хімічний склад вихідної руди

Компоненти, %													
Fe _{заг.}	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	S	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	V	п.п.п
32,35	20,74	17,31	0,19	3,31	2,74	0,01	2,52	1,45	0,15	0,028	0,028	0,03	0,77

Мінералогічний склад вихідної руди

Магнетит	Гематит		Силікати	Карбонати				
Мінерал	Fe		Мінерал	Fe	Мінерал	Fe	Мінерал	Fe
36,2	24,9		2,0	1,4	20,0	5,0	2,8	1,0
Пірит	Карбонат		Апатит	Кварц				
Мінерал	Fe	Мінерал	Fe	Мінерал	Fe	Мінерал	Fe	
0,3	0,14	4,4	-	0,5	-	32,0	-	

Таблиця 3

Фазовий склад мінерало-технологічних різновидів залізистих кварцитів

Стратиграфічний горизонт	Різновиди	Вміст, %					
		Fe _{заг.}	FeO	Fe _{магн.}	Fe _{гем. + гідрок.}	Fe _{сил.+карб.}	Fe _{сил.+карб.}
5 з.г.	1	38,7	15,65	33,4	4,25	1,05	0,012
5 з.г.	2	38,8	17,46	25,6	1,44	1,76	0,018
5 с.г.	3	27,3	18,58	19,3	0,0	8,0	0,153
4 з.г.	4	35,35	17,0	31,65	1,0	2,7	0,038
3 з.г. (висяча пачка)	53 з	25,6	18,39	16,9	-	8,7	0,180
2 з.г. (висяча пачка)	52 з	31,1	22,6	23,25	-	9,85	0,303
2 з.г.	6	33,7	20,2	26,9	-	6,8	0,064
2 з.г.	7 см	31,8	20,5	23,6	-	8,2	0,046
3 з.г.	7 мс	33,2	24,15	21,6	-	11,6	0,085

На збагачувальній фабриці Інгулецького ГЗК для випробувань була відібрана проба зливу класифікатора, на якій проводились випробування у напівпромислових умовах інституту «Механобрчермет» (табл. 4).

Злив ЦГА, порівняно з вихідним живленням, збагачений залізом на 2,3% за рахунок переходу у злив тонких шламів та розкритих часток кварцу у класі -0,074 мм. Вміст класу -0,044 мм у зливі високий і складає 96,2%, що гарантує отримання високосортного концентрату.

Ефективність класифікації, у середньому, складає 74,0 %. Процент твердого у зливі ЦГА при випробуваннях змінювався у межах від 4 до 14,0 %. Вміст класу -0,044 мм змінювався незначно і, в основному, визначається тиском, розвинутим на вході у ЦГА.

Вихід зливу ЦГА складав 34,5 % при вмісті готового класу 96,2 %, ефективність класифікації 74,0 %.

Таблиця 4

Характеристика зливу класифікатора класифікованого у ЦГА діаметром 150 мм

Продукти розділення	Вихід продукту, %	Вміст заліза, %	Клас крупності, мм							Ефективність класифікації по класу -0,044 мм
			0,5	0,25	0,16	0,1	0,071	0,044	-0,044	
Живлення	100,0	35,5	3,8	15,5	8,3	12,0	5,1	11,8	43,5	74,0%
Злив	34,5	33,1	-	-	0,1	0,2	0,3	4,5	96,2	
Піски 1	33,5	36,8	2,3	15,2	16,2	15,3	13,0	16,2	18,5	
Піски 2	32,0	36,6	7,1	32,1	17,2	13,8	5,3	11,7	12,8	

Після попереднього знешламлення зливу ЦГА у магнітному дешламаторі з промивкою осаду, вміст заліза у пісках дешламатора підвищується на 22,5 % і складає 55,6 % заліза загального.

Піски ефективно збагачуються на барабанних магнітних сепараторах. Вміст заліза після трьох прийомів сепарації пісків дешламатора підвищується на 11% і складає 66,8 %.

Піски ЦГА після доподрібнення до 0,044 мм легко до збагачуються навіть без знешламлення, тому, що основна маса шламів видалена у злив ЦГА. При сепарації такого матеріалу вміст заліза за одну стадію магнітної сепарації, при двохкратній перечистці чорного концентрату, підвищується з 36,7 до 66,9 %. При цьому вміст заліза у хвостах складає 13,6 % (рис. 1) [4].

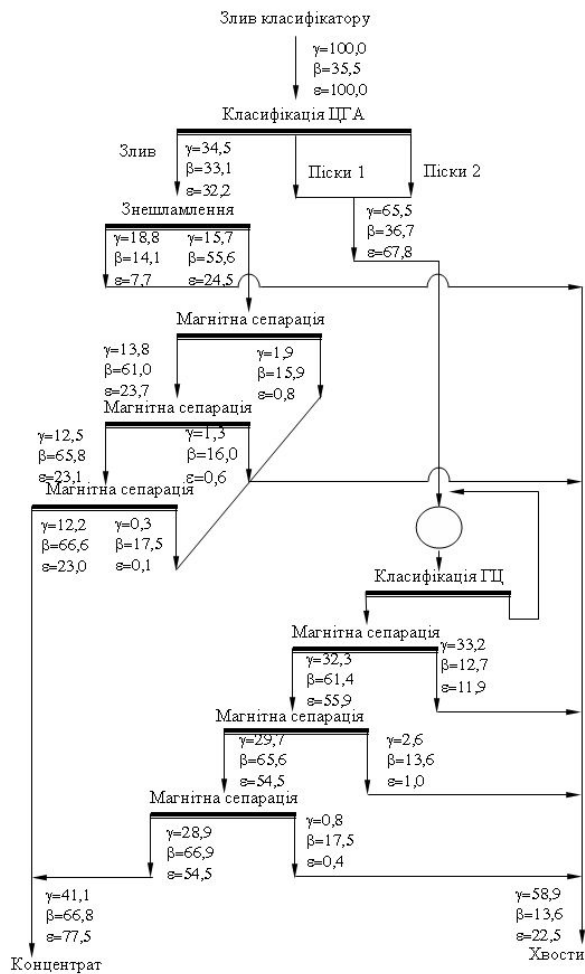


Рис. 1. Технологічна схема збагачення зливу класификатора і доподрібнених пісків ЦГА

Часткове виділення концентрату у першій стадії збагачення може бути перспективним для подальшого впровадження на збагачувальних фабриках.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отже, для підвищення вмісту заліза у магнетитових концентратах при переробці магнетитових кварцитів доцільно використовувати технологію з частковим виділенням концентрату у першій стадії збагачення з використанням відцентрово-гравітаційного апарату. Актуальним є випробування відцентрово-гравітаційних апаратів різних діаметрів у схемах класифікації магнітних промпродуктів другої та третьої стадії.

Список літератури

1. Яременко В.П. Сучасний стан магнітної класифікації магнетитових кварцитів / В.П. Яременко // Вісник КТУ, 2006. – №3.
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка и промышленные испытания технологии, обеспечивающей повышение качества магнетитовых концентратов РОФ-1 ИнГОКа» / В.В.Кривенко, А.А.Ширяев, Б.М.Малый, Г.И.Ногович // ОАО Научно-исследовательский и проектный институт по обогащению и агломерации руд черных металлов «Механобрчермет». – Кривой Рог, 1998.
3. Зайцев Г.В. Современные направления развития техники и технологии производства высококачественного железорудного концентрата с высокими

технико-экономическими показателями / Г.В. Зайцев // Каталог-справочник Горная Техника, 2005.

4. Отчет о научно-исследовательской работе «Изыскание и разработка технологии и аппаратуры, обеспечивающей выделение готового концентрата в I-й и промежуточных стадиях обогащения» / Г.В. Губин, В.П.Николаенко, М.Г.Курочкин, Х.У.Ковальчук, А.Я.Гоц // Научно-исследовательский и проектный институт по обогащению и агломерации руд черных металлов «Механобрчермет». – Кривой Рог, 1976. - 95 с.

5. Гилязетдинов М.М., Курочкин М.Г. Новый гравитационный аппарат для обогащения мелких руд / М.М.Гилязетдинов, М.Г.Курочкин // Сб. Обогащение полезных ископаемых – №4. Недра, 1976.

Рукопис подано до редакції 25.02.12

УДК 621.92.004.93

С.С. ДУБРОВСЬКИЙ, Д.А. АРТАМОНОВА, кандидати техн. наук, доценти,
 І.І. ХРАМОВА, студентка, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ОБРОБЦІ

Проведено комплексний аналіз методів технологічного забезпечення якості поверхонь при обробці. Розглянуто зміну залишкових напружень в поверхневому шарі зразка при магнітно-абразивній обробці поверхонь.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями Проблема забезпечення ресурсу і підвищення надійності машин є частиною загальної проблеми безпеки і ефективності їх використання. Саме від надійності роботи деталей машин залежить економічна ефективність підприємств експлуатантів. Тому вирішення питання надійності та довговічності на протязі багатьох років залишається актуальним.

Забезпечення високої надійності в першу чергу залежить від якості складових будь якого механізму. Підвищення якості продукції машинобудівних підприємств вимагає вирішення багатьох