

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОДРІБНЕННЯ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ НА ГІРНИЧОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

М. І. Сокур, В. В. Воробйов, Р. Г. Аргат

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: argat.rg@gmail.com

В. С. Білецький

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, Україна.

Р. Г. Пузир

Коледж Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
вул. Чумацький шлях, 7, м. Кременчук, 39621, Україна. E-mail: puzyruslan@gmail.com

Показано, що одним з недоліків проектної технологічної схеми самоподрібнення є застосування в ній спіральних класифікаторів, які є дорогим, металоємним і енергоємним устаткуванням, що вимагає значних експлуатаційних витрат на підтримку працездатності. Для підвищення ефективності процесів подрібнення і класифікації, спрощення технологічної схеми, зниження капітальних і експлуатаційних витрат, підвищення якості продукції запропоновано оснастити рудногальчаний млин МРГ-40-75 новою конструкцією класифікуючої бутари з еластомерною просіваючою поверхнею. Відповідно до цього було проведено ряд експериментальних випробувань в режимі порівняння технологічних показників роботи млина з двоситною бутарою з класифікатором і без класифікатора. Що дало змогу зробити впровадження цієї науково-технічної розробки у гірниче підприємство. Це дозволило істотно знизити капітальні і експлуатаційні витрати на процеси подрібнення і класифікації, зменшити простій секцій фабрики на монтажах і замінах класифікаторів, значно скоротити питомі витрати електроенергії за рахунок виключення потужного електроприводу класифікатора, а також поліпшити санітарно-гігієнічні умови на технологічних секціях збагачувальної фабрики.

Ключові слова: бутара, класифікатор, млин, подрібнення, еластомерна поверхня.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Н. И. Сокур, В. В. Воробьёв, Р. Г. Аргат

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: argat.rg@gmail.com

В. С. Белецкий

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Кирпичёва, 2, г. Харьков, 61002, Украина.

Р. Г. Пузырь

Колледж Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского
ул. Чумацкий шлях, 7, г. Кременчуг, 39621, Украина. E-mail: puzyruslan@gmail.com

Показано, что одним из недостатков проектной технологической схемы самоизмельчения применение в ней спиральных классификаторов, которые являются дорогим, металлоёмким и энергоёмким оборудованием, требует значительных эксплуатационных затрат на поддержание работоспособности. Для повышения эффективности процессов измельчения и классификации, упрощения технологической схемы, снижения капитальных и эксплуатационных затрат, повышения качества продукции предложено оснастить рудногальчатую мельницу МРГ-40-75 новой конструкцией классифицирующей бутары с эластомерной просеивающей поверхностью. В соответствии с этим был проведен ряд экспериментальных испытаний в режиме сравнения технологических показателей работы мельницы с двухситной бутары с классификатором и без классификатора. Что позволило сделать внедрение этой научно-технической разработки в горное предприятие. Это позволило существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты на процессы измельчения и классификации, уменьшить простой секций фабрики на монтажах и замене классификаторов, значительно сократить удельные расходы электроэнергии за счет исключения мощного электропривода классификатора, а также улучшить санитарно-гигиенические условия на технологических секциях обогатительной фабрики.

Ключевые слова: бутара, классификатор, мельница, измельчение, эластомерная поверхность.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Дроблення і подрібнення є найбільш енергоємними операціями у збагаченні корисних копалин, особливо руд з більшою у порівнянні з вугіллям міцністю та тривкістю. Тому удосконалення процесів подрібнення і класифікації магнетитових кварцитів є актуальною науково-технічною задачею [1–5].

На Інгулецькому ГЗК прийнята технологія самоподрібнення, яка розроблена і спроектована інститутом Механобрчормет.

Збагачують магнетитові кварцити, що видобуваються на кар'єрі відкритим способом, із загальним вмістом заліза 32-33%. Видобута руда поступає у бункер збагачувальної фабрики. З бункера руда надходить на млини 1-ої стадії подрібнення

ММС-70-23 і далі в односпіральні класифікатори типу 1КСН2, 5х12,5, злив яких подається у першу стадію магнітної сепарації.

Галька, що виводиться з млина самоподрібнення ММС-70-23, надходить у 2-у стадію подрібнення, здійснювану в рудногалечному млині МРГ-40-75.

Млин МРГ-40-75 оснащений металевими класифікуючими бутарами з отворами діаметром 8-15 мм. Рудногалечний млин, як і млин самоподрібнення, працює в замкнутому циклі із спіральним класифікатором, злив якого направляється у 2-у стадію магнітної сепарації, а скрап (піски) повертається у млин. Повна технологічна схема ланцюга апаратів збагачувальної фабрики Інгuleцького ГЗК приведена на рис. 1 (пунктирною лінією виділені класифікатори, які були виключені зі схеми відповідно до запропонованої нової технології). Одним з недоліків проектної технологічної схеми самоподрібнення є

застосування в ній спіральних класифікаторів, які є дорогим, металоємним і енергоємним устаткуванням, що вимагає значних експлуатаційних витрат на підтримку працездатності.

Знос і поломка спіралей класифікаторів приводила до тривалих простоїв технологічних секцій подрібнення і класифікації. Заміна класифікаторів і їх вузлів на нові перетворилася на складну проблему, оскільки завод-виробник знаходиться в Росії [6, 7]. Тому вдосконалення процесів подрібнення і класифікації є дуже актуальною проблемою.

Навантаження на основні технологічні операції процесу збагачення і на окремі агрегати цих процесів приведені в табл. 1 (за усередненими даними щоквартальних генеральних випробувань технологічних секцій збагачувальної фабрики № 2 Інгuleцького ГЗК).

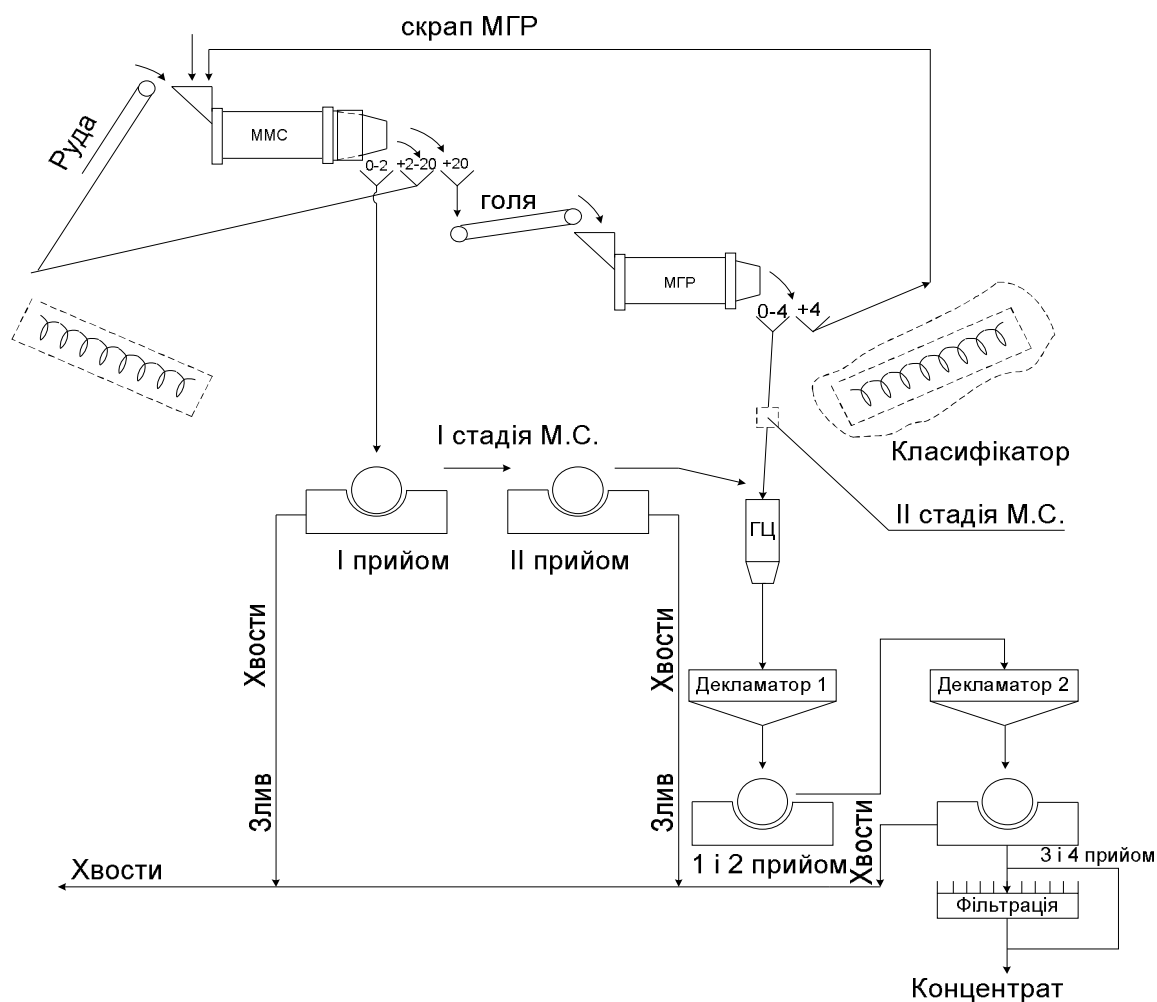


Рисунок 1 – Схема ланцюга апаратів рудозбагачувальної фабрики РЗФ-2 Інгuleцького ГЗК

Таблиця 1 – Навантаження на основні технологічні операції процесу збагачення і окремі агрегати цих процесів

№ з/п	Назва операції	Питоме навантаження					Питоме навантаження по знов створеному класу		Кількість працюючого обладнання
		на операцію, т/год	на агрегат, т/год	т/м.п. год	т/м ² год	т/м ³ год	-0,05 мм	-0,07 мм	
1	Подрібнення I ст.	140,9	70,15	—	—	0,80	0,50	0,60	2 млина ММС-70-23
2	Подрібнення II ст.	68,1	35,40	—	—	0,514	0,34	0,32	2 млина МГР-40-75
3	Магнітна сепарація I ст.	110,0	28,0	13,5	—	—	—	—	4 сепаратора ПБМ 90х250
4	Дешламація I пр.	91,0	91,8	—	1,65	—	—	—	1 дешламатор МД-9
5	Магнітна сепарація I ст.	73,4	34,1	9,02	—	—	—	—	3 сепаратора ПБМ 120х300
6	Дешламація II пр.	68,1	63,1	—	1,18	—	—	—	1 дешламатор МД-9
7	За живленням Фільтрація за кеком	78,0 66,1	18,45 18,07	—	0,20 0,183	—	—	—	4 вакуум-фільтра Д-100

Як випливає з таблиці, навантаження на операцію подрібнення 1-ої стадії складає 141 т/год, а на кожен млин ММС-70-23 – 70,5 т/год.

Навантаження на 2-у стадію подрібнення складає 69,0 т/год відповідно на кожен млин МРГ-40-75 – 34,5 т/год.

Мета роботи – вдосконалення схеми ланцюга апаратів рудозбагачувальної фабрики РЗФ-2 Інгuleцького ГЗК шляхом заміни енергоємних і менш надійних апаратів на енергозберігаючі та більш ефективні.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Одним із способів управління якістю продукції збагачувального переділу є вдосконалення операцій подрібнення і класифікації продуктів збагачення [8–10].

Для підвищення ефективності процесів подрібнення і класифікації, спрощення технологічної схеми, зниження капітальних і експлуатаційних витрат, підвищення якості продукції запропоновано оснастити рудногальчаний млин МРГ-40-75 новою конструкцією класифікуючої бутари з еластомерною просівальною поверхнею.

Підприємством Проектгірмаш була розроблена конструкція бутари, класифікуюча поверхня якої набиралася з еластичних елементів (гумових карт) розміром 330х417 мм або 300х295 мм з квадратними отворами розміром 4,5х4,5 мм.

Бічні частини довгої сторони карти забезпечені в нижній частині виступами спеціальної форми, призначеними для закріплення їх в пазах підситників бутари. Бічні частини коротких сторін карти забезпечені виступами і відповідними впадинами, що призначені для з'єднання і ущільнення стиків карт. Верхня робоча поверхня карт гладка і виконана з отворами, що розширюються у бік розвантаження матеріалу, що пройшов через отвори, з метою запобігання його забиванню і залипанню [1, 11].

Для млина подрібнення ММС-70-23 розроблена конструкція двоситної класифікуючої бутари з еластомерною просівальною поверхнею. Корпус бутари

металевий, зварної конструкції, виконаний з прокатних елементів. Просівальні поверхні двоситної бутари набрані з гумових карт такої ж конструкції, як і млина рудногалькового МРГ-40-75, спосіб кріплення і з'єднання стиків аналогічний. При цьому внутрішня просівальна поверхня двоситної бутари виконана з гумових карт з отворами 20х20 мм, а зовнішня просівальна поверхня з карт з щілиновидними отворами розміром 2х12 мм [3, 12].

Для поліпшення транспортування матеріалу внутрішня просівальна поверхня обладнана спіралями (шнеками). Для кріплення бутари до розвантажувальної цапфи передбачений кільцевий фланець з отворами під болти кріплення [1, 13].

Загальні види односитної і двоситної бутари млинів МРГ-40-75 і ММС-70-23 зображені на рис. 2а і 2б відповідно [1, 14].

Така конструкція двоситної бутари була виготовлена Проектгірмашем і встановлена на млині ММС-70-23 24-ої секції збагачувальної фабрики Інгuleцького ГЗК для проведення випробувань.

Основними завданнями випробувань було встановлення працездатності і надійності нової конструкції бутари, визначення технологічних параметрів її роботи і можливості підвищення якості продукції. Порівняння технологічних показників роботи з двоситною бутарою і з класифікатором, визначення можливості виключення класифікатора з технологічної схеми як енергоємного, ненадійного і неефективного класифікуючого апарата, розробка заходів щодо вдосконалення конструкції двоситної бутари, сприяє як підвищенню ефективності роботи як самої бутари, так і технологічної схеми в цілому [15, 16].

Зрештою, в процесі проведення випробувань передбачалося встановити можливість підвищення ефективності роботи помольного відділення збагачувальної фабрики № 2 Інгuleцького ГЗК і якості її вихідної продукції [2, 9].

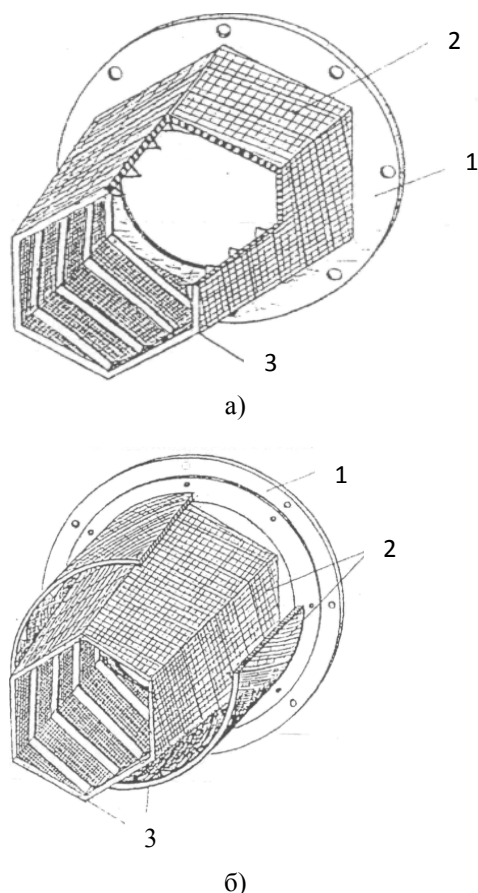


Рисунок 2 – Загальні види нових бутар:
а – односитна бутара, б – двокорпусна бутара
(1 – фланець, 2 – еластична просіююча
поверхня, 3 – каркас металевий)

Випробування двоситної бутари проводилося на млині ММС-70-23 № 241, що працює за проектною схемою збагачення в прийнятому на фабриці технологічному режимі [17].

Відповідно до прийнятої методики випробування проводилися в режимі порівняння технологічних показників роботи млина з двоситною бутарою з класифікатором і без класифікатора.

У процесі випробувань проводилися відбори наступних проб: початкової руди, гальки, підRESHITНО-

го продукту, зливів млина, класифікаторів, гідроциклонів, живлення і магнітних продуктів магнітної сепарації, хвостів і скрапу.

При обробці даних випробувань визначалися продуктивність, потужність, гранулометричний склад продуктів, густина пульпи, вміст твердого, вміст заліза загального і магнітного в промпродуктах і концентраті, вміст готового класу в промпродуктах і концентраті.

Підсумкові результати технологічних випробувань і обробки даних випробувань приведені в табл. 2.

Окрім цього в процесі випробувань проводився ситовий аналіз продуктів першої стадії магнітної сепарації як при роботі з двоситною бутарою, так і при роботі із спіральним класифікатором.

Паралельно з технологічними випробуваннями велися спостереження за цілісністю корпусу і просіваючих поверхонь бутари, фіксувалися пориви гумових карт і інші відмови.

З аналізу результатів випробувань, наведених в таблицях, випливає, що із застосуванням двоситної бутари вміст готового класу (мінус 0,05 мм) в підRESHITНОМУ продукті бутари збільшився порівняно з класифікатором в першому досліді з 54,1% до 58,3%, тобто на 7,8%; у другому досліді ця різниця ще більша з 48,3% до 54,7%, тобто 13,25%, що створює сприятливіші умови для процесу магнітної сепарації. З даних цієї ж таблиці витікає, що при застосуванні двоситної бутари істотно зменшується кількість скрапу – так, в першому досліді кількість скрапу зменшилася з 18,5 т/год до 15,9 т/год, а в другому досліді з 19,7 т/год до 18,6 т/год, тобто на 6%, при цьому намелювання практично не змінюється.

Випробування також показали, що якість концентрату (масова частка заліза в концентраті) при застосуванні двоситної бутари підвищилася на 0,1%, втрати заліза в хвостах зменшилися.

Аналізом результатів випробувань встановлено, що в підRESHITНОМУ продукті бутари вміст класу 5 мм в середньому не перевищує одного відсотка, а класу 3 мм – 2-2,2%. З цього виходить, що в підRESHITНОМУ продукті бутари близько 98% класу мінус 3-0 мм [2].

Таблиця 2 – Результати технологічних випробувань млинів ММС-70-23 №241 з двоситною гумованою бутарою

№ з/п	Апробація	Продуктивність, Q, т/год	ПідRESHITКОВИЙ продукт бутари 2x12 мм			Продуктивність			Склад класів	
			Склад Fe об, %	Склад Fe м, %	Склад класу -0,05, %	Q кл. -20+2, т/год	Q скрапа, т/год	Q намолу, т/год	+1 мм в підRESHITКОВИЙ продукт, %	-0,05 мм у зливів класифікатора, %
1	Бутара без класифікатора	87,4	30,5	22,0	68,5	28,9	15,9	5,9	5,2	–
2	Бутара з класифікатором	70,0	30,8	23,8	64,5	82,0	18,5	5,8	6,3	64,9
3	Бутара з класифікатором	83,5	31,1	26,0	58,6	59,6	19,7	11,2	7,1	70,1
4	Бутара без класифікатора	83,0	32,8	22,6	64,4	61,1	18,6	11,2	13,4	–

Тобто, підрешітний продукт бутари млина ММС-70-23 може бути направлений безпосередньо на І стадію магнітної сепарації, за умови, що сепаратори І стадії будуть оснащені протиточними ваннами. Це дозволить спростити схему ланцюгів апаратів і виключити з неї спіральний класифікатор, або залишити його як контролюючий апарат.

Виключення класифікатора зі схеми збагачення дозволить істотно знизити як капітальні так і експлуатаційні витрати на виробництво концентрату, у тому числі і зменшити енергоємність процесу за рахунок зменшення витрат електроенергії приводом класифікатора, потужністю понад 30 кВт.

Це має особливо важливе значення так як спіральні класифікатори виготовляються за кордоном (у Росії) і відмова від їх застосування у вітчизняній гірничозбагачувальній промисловості має велике народногосподарське і політичне значення [1, 7, 18, 19].

На жаль, після тижневої експлуатації двоситна бутара була демонтована унаслідок деформації металевого корпусу і недостатньої надійності і зносо-

стійкості просіваючих поверхонь (особливо зовнішньою з розміром отворів 2x12 мм). Основною причиною було те, що просіваючі поверхні призначалися для роботи на вугіллі і на бутарі рудопомольного млина були встановлені тільки з метою перевірки ефективності подрібнення і класифікації подрібненої руди і встановлення принципової можливості застосування класифікуючих бутар з еластомерною просіваючою поверхнею в гірничорудній промисловості при переробці і збагаченні руд чорних металів.

Проведеними випробуваннями така принципіальна можливість була переконливо доведена, а виявлені конструктивні недоліки двоситної бутари були враховані при розробці «Вихідних даних на розробку двоситної класифікуючої бутари млина самоподрібнення ММС-70-23 в умовах Інгулецького ГЗКа».

Сьогодні «Проектгірмашем» виготовлена нова вдосконалена конструкція двоситної класифікуючої бутари млина ММС-70-23, випробування якого будуть проведені на Інгулецькому ГЗК.

Таблиця 3 – Результати технологічних випробувань млинів МГР-40-75 з гумовою бутарою з отворами 4,5x4,5 мм

№ проб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ млина	242	242	242	242	242	242	154	242	192	192	192	242	242	242	192
Класи величини, мм	10	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	5	–	–	–	–	1,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	3	–	–	–	0,2	0,5	0,2	–	–	–	–	–	–	2,5	1,1
	1	0,5	4,7	1,7	0,2	0,6	1,1	0,2	0,6	0,6	0,2	0,6	1,7	0,5	1,3
	0,56	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1	0,2	0,1
	0,28	0,2	0,6	0,9	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,7	0,8	0,4	0,8	0,2
	0,14	0,5	2,7	2	0,8	0,8	1,5	1,3	0,5	0,8	1	1,1	0,7	1,4	0,4
	0,07	4	11,7	8	5,1	4,8	7,3	6,1	5,2	6,1	6,1	6,5	3,9	7	3,9
	0,05	5,6	8,8	5,5	4,2	5,5	12,8	2	5,6	8,2	5	7,6	4,7	3,7	3
	-0,05	89,1	72,8	81,7	89,3	85,3	77,2	89,7	87,5	84,4	86,5	82,7	88,6	86,4	88,6
Примітки	Бутара в нормальному стані, поривів і розходжень стиків не має						Розійшлися карти на стиках						Бутара в нормальному стані, поривів і розходжень стиків не має		
№ проб	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
№ млина	192	192	192	242	242	192	192	192	192	242	192	242	192	192	192, 194
Класи величини, мм	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,6	–	–	–	–
	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	–	–	–	0,1
	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,3	–	–	0,6	0,4
	1	1,5	0,4	0,4	2,3	0,4	2	1,5	2,5	1,6	3,8	2	1,8	0,9	0,8
	0,56	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,5
	0,28	0,5	0,5	0,7	0,2	0,1	0,8	0,7	0,6	0,7	0,3	0,5	0,6	0,3	2
	0,14	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	3,2
	0,07	3,7	6	3,1	8,7	9,1	2,5	2,1	4,2	1,7	6,2	3,9	5,4	6,1	9,4
	0,05	4,5	3,7	3,1	5,8	7,5	3,5	2,5	3,5	2,5	3,2	5,2	4,4	4	3,9
	-0,05	89,5	89,4	91,6	82	82,2	90,2	92,1	88,2	91,5	82,1	87,4	86,5	87	79,8
Примітки	Бутара в нормальному стані, поривів і розходжень стиків не має														

Випробування і подальше впровадження бутар млинів МРГ-40-75 з гумовою просіваючою поверхнею описаної вище конструкції проводилися на секціях №№ 15, 17, 19, 23, 24 збагачувальних фабрики Інгулецького ГЗК. Бутари були встановлені на млинах МРГ-40-75 №№ 154, 172, 174, 192, 194, 232, 242, 244 і експлуатуються (з відповідною плановою заміною) по сьогодні.

Випробування проводилися відповідно до прийнятої методики випробувань при проектному технологічному режимі роботи секцій (відповідно до технологічної карти) [5, 6].

Відбір і обробка проб проводилася відповідно до прийнятої в інституті Механообрформет і в Рудовипробувальній станції Інгулецького ГЗК методикою. Ситовий аналіз продуктів випробування проводили на стандартні класи крупності на ситових аналізаторах лабораторії збагачення Інгулецького ГЗК.

Для можливості порівняння показників роботи секцій з млинами, оснащеними гумовими бутарами і секцій з млинами з металевими бутарами проводилося паралельне випробування млинів з металевими бутарами з отворами діаметром 8 мм, з отворами діаметром 15 мм, а також зливів і пісків класифікаторів.

Встановлено, що в підрешітному продукті цих бутар міститься від 1% до 8% класу плюс 1 мм, при цьому класу плюс 3 мм в одній пробі до 6%.

Результати ситових аналізів проб подрешітного продукту металевої бутари з отворами Ш15 мм показали, що згідно одержаних даних в підрешітному продукті цієї бутари міститься від 3,3% до 10,5% класу 1 мм, при цьому вміст класу плюс 3 мм досягає 9,5%.

Отже, злив бутари такої крупності не може бути поданий на магнітну сепарацію, оскільки відбудеться забивання ванн сепараторів і пошкодження їх барабанів. Тому, за існуючою технологією подрешітний продукт металевих бутар подається у спіральний класифікатор, а злив класифікатора надходить на магнітну сепарацію.

Як видно з ситового аналізу зливу класифікатора в продуктах зливу досить мало класу плюс 1 мм.

В процесі промислових випробувань проведено більше 30 випробувань млинів МРГ-40-75 з гумовими бутарами. Результати ситових аналізів подрешітних продуктів гумових бутар наведені в табл. 3.

Як впливає з аналізу даних випробувань в підрешітному продукті гумових бутар міститься класу плюс 1 мм в середньому порядку 0,4-1,5%, за винятком випробувань №№ 4, 5, 14, 25, при проведенні яких зафіксовані пориви і розбіжності стиків гумових карт. Клас крупності плюс 3 мм зафіксований тільки в 9-ти пробах, при цьому в шести пробах вміст знаходився в межах 0,2-1,1%, і лише в трьох пробах (№ 5, 14, 25) його вміст встановлений в межах 2,5-5%.

Пояснення такому дещо підвищеному вмісту класу плюс 3 мм полягає в поривах і розбіжностях стиків карт просіваючої поверхні бутар.

Для проведення повнішого і наочного порівняльного аналізу технологічних показників бутар різ-

ної конструкції були проведені одночасні випробування при роботі в ідентичних технологічних режимах гумових бутар з отворами розміром 4,5х4,5 мм, металевих з отворами діаметром 8 мм і 15 мм і спіральних класифікаторів.

Як впливає з результатів порівняльних випробувань в підрешітному продукті гумової бутари міститься готового класу мінус 0,05 мм в межах 88,6-91,6%, а в зливі класифікатора – 81,6-89,2%, що свідчить про вищу ефективність класифікації гумової бутари по готовому класу в порівнянні з класифікатором (в середньому на 5,5%). Це позитивно впливає на подальші процеси збагачувального переділу. У металевих бутарах з отвором діаметром 8 мм вміст готового класу мінус 5 мм знаходиться в межах 76,6-83,5%, а в бутарах з отворами 15 мм – в межах 66,6-78,7%, що значно вище, ніж в бутарах з гумовими просіваючими поверхнями.

Таким чином, нова конструкція бутари млина МРГ-40-75 з еластомірною просіваючою поверхнею є найбільш ефективним класифікуючим апаратом по готовому класу зі всіх вживаних в даний час на рудозбагачувальних фабриках.

Проведений також детальний порівняльний аналіз зливу бутар різної конструкції і класифікаторів за вмістом в них класу мінус 1,0 мм.

Для більшої наочності і зручності аналізу експериментальні дані по дослідженню вмісту класів мінус 1,0 мм представлено у вигляді графіків, що показують вміст класу мінус 1,0 мм у подрешітному продукті бутар з гумовою просіваючою поверхнею з отворами 4,5х4,5 мм, з металевою просіваючою поверхнею з отворами діаметром 8 мм і 15 мм і зливі спірального класифікатора. На рис. 3 наведені графіки залежності вмісту класу мінус 1,0 мм в подрешітному продукті бутар від типу просіваючої поверхні.

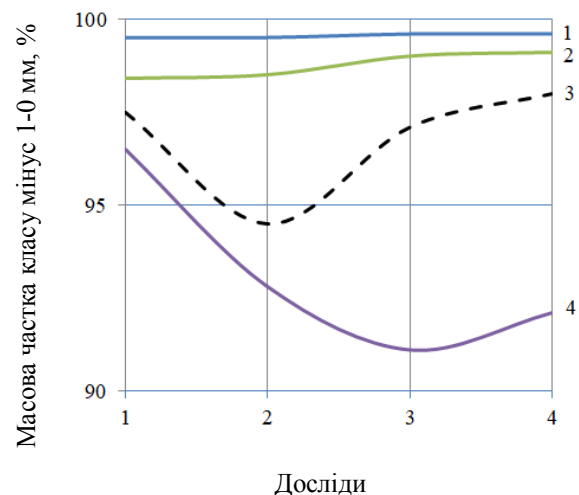


Рисунок 3 – Графіки залежності вмісту класу мінус 1,0 мм в подрешітному продукті бутар від типу просіваючої поверхні: 1 – класифікатор, 2 – гумова бутара (отвори 4,5х4,5 мм), 3, 4 – металеві бутари (отвори діаметром 8 і 15 мм відповідно)

ВИСНОВКИ. Таким чином, підрешітний продукт бутари з просіваючою поверхнею з отворами 4,5х4,5 мм можна направляти на 2-у стадію магнітної сепарації минувши класифікатор, що дозволяє повністю виключити класифікатор з технологічного процесу.

Запропоновано змінити схему ланцюгів апаратів збагачувальної фабрики Інгулецького ГЗК виключивши з неї спіральний класифікатор (див. рис. 1 – класифікатор показаний пунктирною лінією), що і було здійснено на ряду технологічних секцій збагачувальної фабрики. Тривалі технологічні випробування підтвердили ефективність запропонованого технічного рішення.

В цілому, застосування класифікуючих бутар млинів МРГ-40-75 з еластичними просіваючими поверхнями дозволяє істотно підвищити ефективність процесів подрібнення і класифікації, отримати значний економічний ефект і вони рекомендуються до широкого застосування на всіх рудозбагачувальних фабриках України.

ЛІТЕРАТУРА

- Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин: навчальний посібник. К.: Ліра-К, 2020. 634 с.
- Сокур Н. И., Егурнов А. И., Равишин В. П. Новые бутары с эластичными просеивающими поверхностями для разделения продуктов измельчения мельниц самоизмельчения и рудногачечных. *Теория и практика процессов обогащения, разделения и смешения: труды V международной конференции* (Одесса 1997 г.). Одесса, 1997. С. 114–116.
- Сокур Н. И., Егурнов А. И., Равишин В. П., Равишин Д. А., Сокур И. Н. Повышение эффективности процессов измельчения и классификации на обогатительной фабрике ИнГОКа. *Теория и практика процессов обогащения, разделения и смешения: труды VI международной конференции* (Одесса 1998 г.). Одесса, 1998. С. 109–114.
- Сокур Н. И., Егурнов А. И., Сокур И. Н. Исследование и повышение параметров надежности классифицирующих аппаратов рудоразмольных мельниц. *Теория и практика процессов обогащения, разделения и смешения: труды VII международной конференции* (Одесса 1999 г.). Одесса, 1999. С. 105–108.
- Shi F. Determination of ferrosilicon medium rheology and stability. *Minerals Engineering*. 2016. Vol. 98. PP. 60–70.
- Сокур Н. И., Егурнов А. И., Равишин В. П., Равишин Д. А., Сокур И. Н. Применение классифицирующих бутар с эластичной просеивающей поверхностью для разделения продуктов измельчения на Северном ГОКе. *Теория и практика процессов обогащения, разделения и смешения: труды VI международной конференции* (Одесса 1998 г.). Одесса, 1998. С. 99–104.
- Бережний М. М., Мовчан В. П. Збагачення та окускування сировини. Кривий Ріг, 2020. 368 с.
- Barry A. Wills, Tim Napier-Munn. Mineral processing technology. Elsevier Science & Technology Books, 2006. 444 p.
- Воробьев В. В., Хорошман В. А. Исследования изменения ударной вязкости горных пород при низких температурах. *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. 2011. № 1, С. 22–26.
- Воробьев В. В., Щетинин В. Т. Промышленные исследования эффективности многоточечного инициирования. *Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. науч. тр. КГПИ*. Кременчуг: КГПИ, 2000. № 2/2000 (9). С. 504–506.
- Мосьпан Д. В., Драгобецкий В. В., Пузырь Р. Г. Определение потребного крутящего момента при радиально-ротационном профилировании ободьев колес. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук: КДПУ, 2008. № 6(53). Т. 2. С. 64–66.
- Мовшович А. Я., Пузырь Р. Г. Расчет меридиональных напряжений, возникающих на первом переходе процесса радиально-ротационного профилирования ободьев колес. *Научно-технический и производственный журнал «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»*. 2013. № 10. С. 3–7.
- Аргат Р. Г., Пузырь Р. Г., Долгих О. Н. Оценка приемов, увеличивающих степень деформации при вытяжке цилиндрических деталей без складкодержателя. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. Харків: НТУ «ХПІ», 2017. № 36 (1258). С. 5–9.
- Vorobyov V., Kulynych V. On the influence of surface-active substances on the speed change of the mechanical processing of rocks. *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. 2017, №1, С. 28–32.
- Технология обогащения полезных ископаемых: в 2 т. / ред. В. А. Бочаров, В. А. Игнаткина. ИД «Руда и Металлы». 2007. Т 2: Обогащение золотосодержащих руд и россыпей, обогащение руд черных металлов, обогащение горно-химического и неметаллического сырья. 408 с.
- Meyer E. J., Craig I. K. The development of dynamic models for a dense medium separation circuit in coal beneficiation. *Minerals Engineering*. 2010. Vol. 23, Iss.10. PP. 791–805.
- Вайсберг Л. А., Каменева Е. Е., Аминов В. Н. Оценка технологических возможностей управления качеством щебня при дезинтеграции строительных горных пород. *Строительные материалы*. 2013. № 11. С. 30–34.
- Богданович А. В., Васильев А. М., Урнышева С. А. Влияние рудоподготовки алмазосодержащих руд на технологию их обогащения. *Обогащение руд*. 2017. № 2. С. 10–15.
- Вайсберг Л. А., Зарогатский Л. П., Сафронов А. Н. Дезинтеграция кимберлитовых руд, обеспечивающая сохранность кристаллов алмазов. *Обогащение руд*. 2003. № 3. С. 16–20.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF GRINDING MAGNETITE QUARTZITES AT THE MINING ENTERPRISE

M. Sokur, V. Vorobiov, R. Arhat

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: argat.rg@gmail.com

V. Biletskyi

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

vul. Kyrpychova, 2, Kharkiv, 61002, Ukraine.

R. Puzyr

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University College

vul. Chumatskyi Shliakh, 7, Kremenchuk, 39621, Ukraine. E-mail: puzyruslan@gmail.com

Purpose. Improvement of the circuit diagram of the apparatus of the RZF-2 concentrator of the Ingulets GZK by replacing energy-intensive and less reliable apparatus with energy-saving and more efficient ones. One of the disadvantages of the project technological scheme of self-grinding is the use of spiral classifiers, which are expensive, metal-intensive and energy-intensive equipment that requires significant operating costs to maintain efficiency. Wear and breakage of spirals of classifiers led to long downtimes of technological sections of grinding and classification. Replacing classifiers and their components with new ones has become a difficult problem, as the manufacturer is located in Russia. **Methodology.** The main tasks of the tests were to establish the efficiency and reliability of the new design of the butar, to determine the technological parameters of its operation and the possibility of improving product quality. Comparison of technological indicators of operation with two-sieve butar and with the classifier, determination of possibility of exclusion of the classifier from the technological scheme as energy-intensive, unreliable and inefficient classifying device, development of measures to improve the design of two-sieve butar, contributes to increasing the efficiency of both the butar itself and the technological scheme as a whole. During the tests, the following samples were taken: initial ore, pebbles, sub-sieve product, mill drains, classifiers, hydrocyclones, power supply and magnetic products of magnetic separation, tailings and scrap. When processing, the test data were determined by productivity, power, particle size composition of products, pulp density, solids content, total and magnetic iron content in industrial products and concentrate, the content of the finished class in industrial products and concentrate. **Results.** From the analysis of test results, it follows that with the use of two-sieve butar the content of the finished class (minus 0.05 mm) in the sub-sieve product butary increased compared with the classifier in the first experiment. When using two-sieve butar, the amount of scrap significantly reduces. The quality of the concentrate (mass fraction of iron in the concentrate) with the use of two-sieve butar increased by 0.1%, the loss of iron in the tailings decreased. **Practical value.** It is proposed to change the scheme of circuits of devices of the concentrator of Ingulets GZK having excluded from it the spiral classifier, which was carried out on a number of technological sections of the concentrator. Prolonged technological tests have confirmed the effectiveness of the proposed engineering solution. The introduction of this scientific and technical development has significantly reduced capital and operating costs of the processes of grinding and classification, to reduce downtime of sections of the factory on installations and replacements of classifiers. It has also enabled to reduce considerably specific expenses of the electric power due to elimination of the powerful electric drive of the classifier, and also to improve sanitary and hygienic conditions at technological sections of the concentrator. References 19, tables 7, figures 3.

Key words: butar, classifier, mill, grinding, elastomeric surface.

REFERENCES

1. Biletsky, V. S., Oliynyk, T. A., Smirnov, V. O., Sklyar, L. V. (2020), "Osnovy tekhniki ta tekhnolohiyi zbahachennya korysnykh kopalyn: navchalnyy posibnyk" [Fundamentals of engineering and mineral processing technology: Tutorial], Kyiv: Lira-K, 634 p.
2. Sokur, N. I., Egunov, A. I., Ravishin, V. P. (1997), "Novyye butary s elastichnymi proseivayushchimi po-verkhnostyami dlya razdeleniya produktov izmelcheniya melnits samoizmelcheniya i rudnogatetchnykh" [New butars with elastic screening surfaces for separating the grinding products of self-grinding mills and ore-grinding mills], *Teoriya i praktika protsessov obogashcheniya, razdeleniya i smesheniya: trudy V mezhdunarodnoy konferentsii* [Theory and Practice of Enrichment, Separation and Mixing Processes: Proceedings of the V International Conference], Odessa, pp. 114–116.
3. Sokur, N. I., Egunov, A. I., Ravishin, V. P., Ravishin, D. A., Sokur, I. N. (1998), "Povysheniye effektivnosti protsessov izmel'cheniya i klassifikatsii na obogatitel'noy fabrike InGOKa" [Improving the efficiency of grinding and classification processes at the InGOK concentrating plant], *Teoriya i praktika protsessov obogashcheniya, razdeleniya i smesheniya: trudy VI mezhdunarodnoy konferentsii* [Theory and Practice of Enrichment, Separation and Mixing Processes: Proceedings of the VI International Conference], Odessa, pp. 109–114.
4. Sokur, N. I., Egunov, A. I., Sokur, I. N. (1999), "Issledovaniye i povysheniye parametrov nadezhnosti klassifitsiruyushchikh apparatov rudorazmol'nykh mel'nits" [Investigation and improvement of reliability parameters of classifying machines ore-grinding mills.], *Teoriya i praktika protsessov obogashcheniya, razdeleniya i smesheniya: trudy VII mezhdunarodnoy konferentsii* [Theory and Practice of Enrichment, Separation and Mixing Processes: Proceedings of the VII International Conference], Odessa, pp. 105–108.
5. Shi, F. (2016), Determination of ferrosilicon medium rheology and stability. *Minerals Engineering*. Vol. 98, pp. 60–70.
6. Sokur, N. I., Egunov, A. I., Ravishin, V. P., Ravishin, D. A., Sokur, I. N. (1998), "Primeneniye klassi-

fitsiruyushchikh butar s elastichnoy proseivayushchey poverkhnost'yu dlya razdeleniya produktov izmel'cheniya na Severnom GOKe [The use of classifying butar with an elastic screening surface for the separation of grinding products at Severny GOK], *Teoriya i praktika protsessov obogashcheniya, razdeleniya i smesheniya: trudy VI mezhdunarodnoy konferentsii* [Theory and Practice of Enrichment, Separation and Mixing Processes: Proceedings of the VI International Conference], Odessa, pp. 99–104.

7. Berezhny, M. M., Movchan, V. P. (2020), “Zba-ha-chennya ta okuskuvannya syrovyny” [Enrichment and processing of raw materials], *Kryvyi Rih*, 368 p.

8. Barry, A. Wills, Tim Napier-Munn (2006), *Mineral processing technology*. Elsevier Science & Technology Books. 444 p.

9. Vorobiev, V. V., Khoroshman, V. A. (2011), “Ys-sledovannya yzmeneniya udarnoy vyazkosti hornykh porod pry nyzkykh temperaturakh” [Investigations of changes in the toughness of rocks at low temperatures], *Suchasni resursoenerhozberihayuchi tekhnolohiyi hirnychoho vyrobnytstva* [Modern resource-saving technologies of mining production], no. 1, pp. 22–26.

10. Vorobiev, V. V., Shchetinin, V. T. (2000), “Pro-myshlennyye issledovaniya effektivnosti mnogotochechnogo initsirovaniya” [Industrial research on the effectiveness of multipoint initiation], *Problemy sozdaniya novykh mashin i tekhnologiy. Sb. nauch. tr. KGPI* [Problems of creating new machines and technologies. Sat. scientific. tr. KGPI]. Kremenchug: KGPI, no. 2/2000 (9), pp. 504–506.

11. Mos'pan, D. V., Dragobekij, V. V., Puzyr, R. G. (2008), “Opredelenie potrebnogo krutjashhego momenta pri radial'no-rotatsionnom profilirovanii obod'ev koles” [Determination of the required torque at radial-rotational profiling of wheel rims], *Visnik Kremenchuk'skogo derzhavnogo politekhnichnogo universitetu imeni Mihajla Ostrogradskogo* [Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University named after Mikhail Ostrogradsky], Kremenchuk: KDPU, № 6 (53), part 2, pp. 64–66.

12. Movshovich, I. Ja., Puzyr, R. G. (2013), “Raschet meridional'nykh naprjazhenij na pervoj operacii processa radial'no-rotatsionnogo profilirovaniya obod'ev koles” [Calculation of meridional stresses on the first operation of the process of radial-rotary profiling of wheel rims], *Kuznechnoshtampovoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem* [Forging and stamping production. Pressure treatment], no. 10, pp. 3–7.

13. Arhat, R. G., Puzyr, R. G., Dolgih, O. N. (2017), “Otsenka priyemov, uvelichivayushchikh stepen' deformatsii pri vytyazhke tsilindricheskikh detaley bez skladkoderzhatelya” [Assessment of techniques that increase the degree of deformation during drawing of cylindrical parts without a fold holder], *Visnyk Nats. tekhn. un-tu “KhPI”*: zb. nauk. pr. Ser.: *Innovatsiyni tekhnolohiyi ta obladnannya obrobky materialiv u mashynobuduvanni ta metalurhiyi* [Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Innovative technologies and equipment of materials processing in engineering and metallurgy], Kharkiv: NTU “KhPI”, no. 36 (1258), pp. 5–9.

14. Vorobyov, V., Kulynych, V. (2017), On the influence of surface-active substances on the speed change of the mechanical processing of rocks. *Suchasni resursoenerhozberihayuchi tekhnolohiyi hirnychoho vyrobnytstva* [Modern resource-saving technologies of mining production], no. 1, pp. 28–32.

15. Bocharov, V. A., Ignatkina, V. A. (2007), “Tekhnologiya obogashcheniya poleznykh iskopayemykh: v 2 t. T. 2: Obogashcheniye zolotosoderzhashchikh rud i rossypey, obogashcheniye rud chernykh metallov, obogashcheniye gornokhimicheskogo i nemetallicheskogo syr'ya” [Mineral beneficiation technology: in 2 tons. T 2: Beneficiation of gold-bearing ores and placers, beneficiation of ferrous metal ores, beneficiation of mining and chemical and non-metallic raw materials], Publishing House “Ore and Metals”, 408 p.

16. Meyer, E. J., Craig, I. K. (2010), The development of dynamic models for a dense medium separation circuit in coal beneficiation. *Minerals Engineering*. Vol. 23, Iss.10, pp. 791–805.

17. Vaisberg, L. A., Kameneva, E. E., Aminov, V. N. (2013), “Otsenka tekhnologicheskikh vozmozhnostey upravleniya kachestvom shchebnya pri dezintegratsii stroitel'nykh gornykh porod” [Assessment of technological capabilities of crushed stone quality control during the disintegration of building rocks], *Stroitel'nyye materialy* [Construction Materials], no. 11, pp. 30–34.

18. Bogdanovich, A. V., Vasiliev, A. M., Urnysheva, S. A. (2017), “Vliyaniye rudopodgotovki almazosoderzhashchikh rud na tekhnologiyu ikh obogashcheniya” [Influence of ore preparation of diamond-bearing ores on the technology of their concentration], *Obogashcheniye rud* [Ore enrichment], no. 2, pp. 10–15.

19. Vaisberg, L. A., Zarogatsky, L. P., Saifonov, A. N. (2003), “Dezintegratsiya kimberlitovykh rud, obespechivayushchaya sokhrannost' kristallov almazov” [Disintegration of kimberlite ores, ensuring the safety of diamond crystals], *Obogashcheniye rud* [Ore processing], no. 3, pp. 16–20.

Стаття надійшла 19.11.2020.