

Це відкріє можливість забезпечити у великому обсязі дешевим якісним будівельним штучним піском як будівельну індустрію, так і будівництво автошляхів.

Усі вищеперераховані дослідження проводилися з бетоном, де крупним заповнювачем був гранітний щебінь. У зв'язку з цим перед нами поставлено завдання провести широкі дослідження з використання гірських порід як щебеню для конструктивних бетонів та бетонів покриття і основ автошляхів.

Список літератури

1. **Валовой О. І., Срьоменко О.Ю., Валовой М.О.** «Коррозійна стійкість бетонів на заповнювачах з відходів металургійної промисловості». Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2016. – Вип. 32. – С.15-22.
2. **Валовой М.О.** «Технологія виготовлення та аналіз тріщиностійкості дослідних зразків балок на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів». Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне. – 2013. – Вип.25. – С. 233–239.
3. **Валовой О.І., Герб П.И., Валовой М.А., Попруга Д.В.** «Использование отходов горнорудной промышленности при изготовлении строительных конструкций». Качество минерального сырья: сб. научн. трудов. – Кривой Рог, 2008. – С. 461–471.
4. **Шевченко Б. Н.** Исследование прочности и деформативности предварительно напряженных железобетонных элементов, изготовленных из бетонов на мелких заполнителях – отходах горно-обогажительных комбинатов: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Б. Н. Шевченко. – К., 1980. – 20 с.
5. Железобетонные конструкции из бетона на отходах горнорудной и металлургической промышленности / [Л. И. Стороженко, Б. Н. Шевченко, В. М. Ильенко и др.]. – К.: Будівельник, 1982. – 72 с.
6. **Валовой А. И.** Влияние кратковременных переменных нагрузок на прочность, деформативность и трещиностойкость железобетонных элементов из бетонов на отходах обогащения железных руд: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – К.: КИСИ, 1980. – 20 с.
7. **Valovoi A., Koval P., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S.**, “Durability of beams with hybrid reinforcement from metal and basalt fiber reinforced polymer (BFRP) armature”, MATEC Web of Conferences **230**, 02035 (2018) (<https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002035>)
8. **Valovoi A., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S.**, “Research of the Deflections of Beams Reinforced with BFRP Armature and Hybrid Reinforcement Using Metal and BFRP Armature”, *Actual Problems of Engineering Mechanics: Materials Science Forum*. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland (2019), **Vol. 968**, p. 301-308.(DOI:<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.968.301>).
9. **Срьоменко О.Ю.** Ефективність варіантів підсилення у стиснутій зоні залізобетонних елементів, що працюють на згин. Дисс. канд. техн. наук. КНУБА, 2005. - 133с.
10. **Валовой М.О.** Міцність, тріщиностійкість та деформативність підсилених згинальних елементів при повторних навантаженнях Дисс. канд. техн. наук. КНУБА, 2011. - 126с.

Рукопис подано до редакції 13.05.2020

УДК 622.775

Т.А. ОЛІЙНИК, д-р техн. наук, проф., П.К. НІКОЛАЄНКО, аспірант
Криворізький національний університет

ВПЛИВ ТИПУ ДРОБЛЕННЯ ОКИСЛЕНИХ ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ НА ПОДАЛЬШЕ ЇХ РОЗКРИТТЯ ПРИ ПОДРІБНЕННІ В КУЛЬОВОМУ МЛІНІ

Мета. Метою даних досліджень є, порівняння показників збагачення окислених залізистих кварцитів дроблених в валковій дробарці та ролер-пресі, при наступному їх кульовому подрібненні, та визначення особливостей руйнування зростків отриманих в валках високого тиску. Задачею є ознайомлення науково-технічних працівників з особливостями впливу дроблення окислених залізистих кварцитів в ролер- пресі на розкриття зростків мінералів при їх подальшому кульовому подрібненні.

Методи дослідження. Лабораторні дослідження з застосуванням устаткування для дроблення та збагачення.

Наукова новизна. Встановлено оптимальний розмір зростків рудного та нерудного компонентів окислених залізистих кварцитів, в якому найповніше проявляється ефект розміщення міжкристалічних зав'язків між зернами, закладений в них у процесі руйнування в ролер-пресі.

Практичне значення. Визначено показники збагачення окислених залізистих кварцитів дроблених в валковій дробарці та ролер-пресі, та встановлено що застосування останнього дозволяє: підвищити якість кінцевого концентрату на 1,78% (з 63,7 до 65,48%) та вилучення заліза загального на 5,88% (з 70,49 до 76,37%); знизити вміст кварцу в концентраті на 1,82% (з 7,19 до 5,37%) та його вилучення на 1,04% (з 6,01 до 4,97%); знизити вміст заліза загально-

го в хвостах на 2,22% (з 17,26 до 15,04%) при одночасному підвищенні вмісту в них кварцу на 3,6% (з 72,74 до 76,36%).

Результати. Використання в технології збагачення окислених залізистих кварцитів, для дроблення вихідної руди ролер-пресу, у порівнянні з валковою дробаркою, забезпечує більш селективне руйнування руди та ефективну підготовку поверхонь зростків для наступного їх розкриття при подальшому подрібненні в кульових млинах. В результаті цього знижуються втрати рудних мінералів в хвости, в процесі збагачення, при більш повному видаленні в них частинок пустої породи (кварцу).

Ключові слова: руда, гематит, залізо, дроблення, ролер-прес, зростки, розкриття, збагачення

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-107-147-154

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Розробка технології збагачення окислених залізистих кварцитів, в яких основним рудним мінералом є гематит, активно проводилася у 80-х роках ХХ-го століття.

Інтерес до даного виду сировини базується на тому, що:

її не потрібно видобувати окремо, так як вона є супутнім продуктом при розробці родовищ магнетитових кварцитів;

кількість попутно видобуваємих окислених кварцитів значна та складає до 30% від об'єму видобутих магнетитових кварцитів;

вміст заліза загального у руді ідентичний вмісту заліза в магнетитових кварцитах.

У даний час, тільки у Криворізькому залізорудному басейні окремо заскладовано близько 800 млн. тонн окислених залізистих кварцитів [1].

Ефективність процесу збагачення гематитових руд залежить від того, наскільки повно при рудопідготовці вдалося забезпечити розкриття видобутих мінералів при мінімальному їх переподрібненні [2]. Незважаючи на великі досягнення в частині рудопідготовки, лише одиничні технологічні рішення відповідають одному з головних принципів оптимального збагачення – «не дробити нічого зайвого». Обумовлено це, передусім, недостатнім розумінням механізму селективного руйнування, невивченістю зв'язків між властивостями руд, мінералів, умовами дезінтеграції й показниками подрібнення.

Аналіз досліджень і публікацій. На початкових стадіях руйнування переважну роль у формуванні структурних елементів розкриття мінералів відіграють текстурні характеристики руд і макроскопічні фізико-механічні характеристики гірських порід. У міру скорочення розмірів куска більшою мірою проявлятиметься роль структурних характеристик руди та властивостей окремих мінералів і комплексів. Це припускає збільшення кількості товарних потоків, «тонше налаштування» режимів відповідних стадій рудопідготовки як у частині дезінтеграції, так і розділення [2].

В існуючих технологіях збагачення окислених залізистих кварцитів, на стадії розкриття руди, в якості руйнуючих апаратів використовують конусні дробарки та кульові млини.

Дробарки зменшують крупність вихідної руди у три стадії, з 1200 до 20 мм, кульові млини у дві стадії – з 20 мм до 70% класу 74 мкм (80% класу 150 мкм) та 90,5% класу 44 мкм (80% класу 50 мкм), що відповідає розкриттю рудних та нерудних мінералів.

Для збагачення подрібненої руди використовують високоінтенсивні магнітні сепаратори з напруженістю поля 0,8-1 Тл.

За цією схемою передбачалося отримувати концентрат із вмістом заліза 61% і вилученні 70%.

Аналіз продуктів збагачення даної схеми показав, що основні втрати заліза припадають на класи крупності менше 10-20 мкм. Їх величина у першій стадії збагачення складає 54,9% а у другій – 42,7%. Це пояснюється тим, що при кульовому подрібненні сировини відбувається посилене ошламування і закріплення тонких частинок на поверхні як рудних, так і нерудних мінералів. На рудних частинках, як правило, закріплюються нерудні тонкі частинки (кварц, глинисті домішки та ін.), а на нерудних - рудні частки (гідроксиди заліза, гематит, мартит та ін.) [3].

Для поліпшення селективності процесу поділу подрібнених продуктів пробували застосовувати різні поверхнево-активні речовини, зокрема бішофіт, подаючи його в млини [4]. Це дозволило підвищити вміст заліза у кінцевому концентраті до 64%, за рахунок зняття тонких частинок з поверхні мінералів, але не вирішило проблему селективного розкриття компонентів руди.

Таким чином, можна зробити висновок, що при використанні у даній технології у якості подрібнюючих апаратів кульових млинів, ККД яких відносно поверхні зрощення мінералів складає частки відсотка, не виконана задача селективного руйнування та не враховані ні фізичні принципи ні параметри, які визначають утворення зростків та розкриття мінералів.

Одним з напрямів зниження ошламування та селективного руйнування є перехід на досягнення крупності руйнованого матеріалу з 20 до 3-1 мм шляхом дроблення замість подрібнення, що дозволить також знизити енерговитрати на процес до 50%.

Це можливо, при використанні валкових дробарок різного типу.

Вибір способу руйнування визначається співвідношенням пружних і міцнісних характеристик мінералів, структурою і станом границі зростання.

Підвищення якості розкриття слід розглядати як співвідношення пружних і міцнісних властивостей мінералів які розкриваються, стану кордонів зрощення і параметрів деформування. В основі селективного руйнування лежить неоднорідність структури і відмінність пружних характеристик мінералів, що дозволяють створити різну деформацію в мінералах, які розкриваються і викликати напруги на границі їх зростання.

Селективне руйнування може бути викликано, наприклад, відмінністю тріщиностійкості мінералів зростання. Реалізувати схильність руди до селективного розкриття можна, сформувавши в мінералах, які мають контраст пружних і міцнісних властивостей, складнонапружений стан в результаті нерівнокомпонентного деформування структурного елемента розкриття. Такі навантаження передбачають створення на границі мінералів зсувних і розтягуючих деформацій, що створюють умови для інтеркристалітного руйнування (селективне розкриття щодо кордонів зрощення) [5]. На кожному рівні неоднорідності виникає своя структура мікронапруг, яка залежить від розміру елементів, які руйнуються: чим більше розмір шматка, тим менше вплив неоднорідностей, пов'язаних з окремими мінералами. Одним з рішень підвищення селективності розкриття мінералів в процесі рудопідготовки гематитових руд є застосування в схемі валків високого тиску (ролер-пресів), які дозволяють дробити шматки руди крупністю 20-0 мм до крупності 3-1 мм та менше [6].

При дробленні матеріалу в ролер-пресі, міжчастинкове руйнування руди відбувається за рахунок сил що тиснуть на шар, в якому концентруються розтягуючі і зсувні напруження [7, 8].

При відсутності бокового тиску або малих його значеннях, опір зсуву всередині зерна на порядок більше опору зсуву по межі. При зсуві, може відбуватися зміщення в напрямку, перпендикулярному поверхні тріщини. При високому бічному тиску і неможливості зміщення, міцність на зсув по межі наближається до міцності зерна. У точці перетину прямої тертя Кулона для межі зерна і обвідної Мора для зерна, міцності вирівнюються, і скол по зернам стає більш імовірним [9].

На першому етапі (верхні зони захоплення валками) руйнування одиничних кусків при критичних рівнях деформації відбувається за елементами структурного розміщення (мікротріщини, розщеплення і т.д.). Зростання тріщин можливо тільки за рахунок енергії пружної деформації, запасеної в зразку (в робочих органах) перед руйнуванням. Заключна фаза руйнування відбувається при об'ємному деформуванні шару

Гранулометричний склад продуктів руйнування визначається енергетичним фактором, що враховує тип навантаження - жорсткий або м'який. При аналізі роботи ролер-преса часто ігнорується принципова відмінність, що визначає гранулометричний склад кінцевого продукту, - режим деформування. У ролер-пресі руйнування одиничних шматків і навантаження шару, на відміну від валкової дробарки, проходить в жорсткому режимі (при заданій деформації) [5].

Таким чином можна припустити, що спосіб навантаження в ролер-пресі дозволяє, максимумно зруйнувати матеріал по межі спайності зерен, з отриманням великої кількості нерудних зерен після дроблення, та розміцнити міжкристалічні зв'язки між ними в зростках, які утворюються, що при подальшому руйнуванні дозволить ефективно їх розділити. Тим більше, що роль концентрації напружень між мінеральними компонентами і на межах їх зрощення збільшується в міру зменшення розмірів шматка. Це особливо актуально при наближенні розміру зростка до розміру розкритих рудного та нерудного зерен (оптимальним є загальний розмір рудного та нерудного зерен). Наявність інтеркристалітного руйнування в такому агрегаті зерен дозволить розділити його в процесі подрібнення з мінімумом затрат та переподібненням мінералів.

Постановка задачі. Було виконано дослідження по впливу дроблення окислених залізистих кварцитів в ролер-пресі на подальше їх розкриття при подрібненні їх в кульовому млині.

Викладення матеріалу та результати. Роботу проведено в два етапи. На першому етапі було визначено хімічний і мінеральний склад вихідної руди та проміжні крупності дроблення та подрібнення матеріалу, для проведення технологічних досліджень.

На другому етапі було зроблено порівняння показників збагачення руди крупністю 20-0 мм дробленої в валковій дробарці та ролер-пресі при ідентичних режимах подальшого подрібнення в кульових млинах та поділу в високо інтенсивному магнітному сепараторі.

Оцінку отриманих показників проводили по кількісним показникам поділу, вмісту заліза і кварцу в продуктах та індексу селективності по операціях.

Значення індексу селективності приймається в якості показника для вимірювання ефективності відносного поділу двох залучених мінералів. Визначається індекс селективності за формулою (1) [10]

$$SI = \sqrt{\frac{M \cdot n}{m \cdot N}} \quad (1)$$

де M – вміст корисного компоненту у концентраті, %; m – вміст корисного компоненту у хвостах, %; n – вміст пустої породи у хвостах, %; N – вміст пустої породи у концентраті, %.

Перший етап. Хімічний аналіз руди, яка використовувалася при проведенні експериментів приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний аналіз окислених залізистих кварцитів

Компоненти, %										
Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	Mn	Na ₂ O	P	S	в.п.п
36,0	46,5	0,42	0,04	0,035	0,11	0,01	0,012	0,01	0,02	0,67

Мінералогічний аналіз показав, що дана руда є по суті бінарною системою, яка складається з гематиту та кварцу.

При визначенні проміжної крупності дроблення та подрібнення матеріалу, для проведення технологічних досліджень, вихідну руду крупністю 20-0 мм було подрібнено в шоківій дробарці до крупності 6,35- 0 мм і розсіяно на класи, які вивчалися на розкриття гематиту та кварцу.

Аналіз розкриття гематиту та кварцу в руді (рис. 1, 2), дозволив виявити три розміри фракцій в яких проводилися подальші технологічні дослідження, це: 1 мм, 150 та 53 мкм.

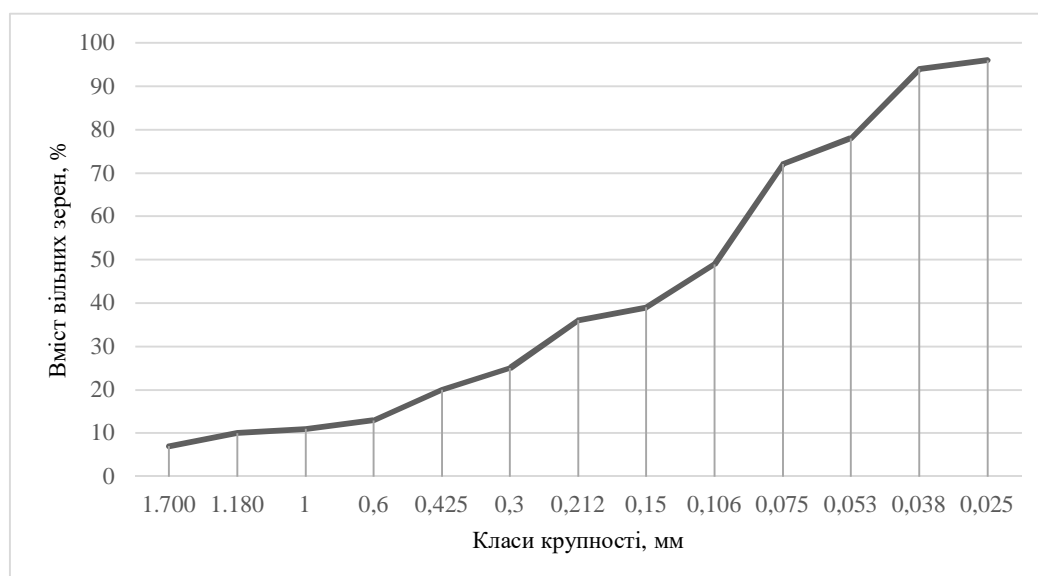


Рис. 1. Розкриття гематиту по класам крупності вихідної руди

Так кількість розкритих зерен гематиту та кварцу по фракціям складає відповідно: 1 мм - 12% та 31%; 150 мкм - 45% та 70%; 53 мкм - 86% та 87%.

Відмінностями цих фракцій є ступінь розкриття гематиту та кварцу, яка підвищується зі зменшенням крупності. Для руди, яка використовується при дослідженнях, матеріал крупністю 53 мкм можна вважати розкритим.

Таким чином ці розміри фракцій були прийняті для концентрації заліза високоінтенсивною магнітною сепарацією.

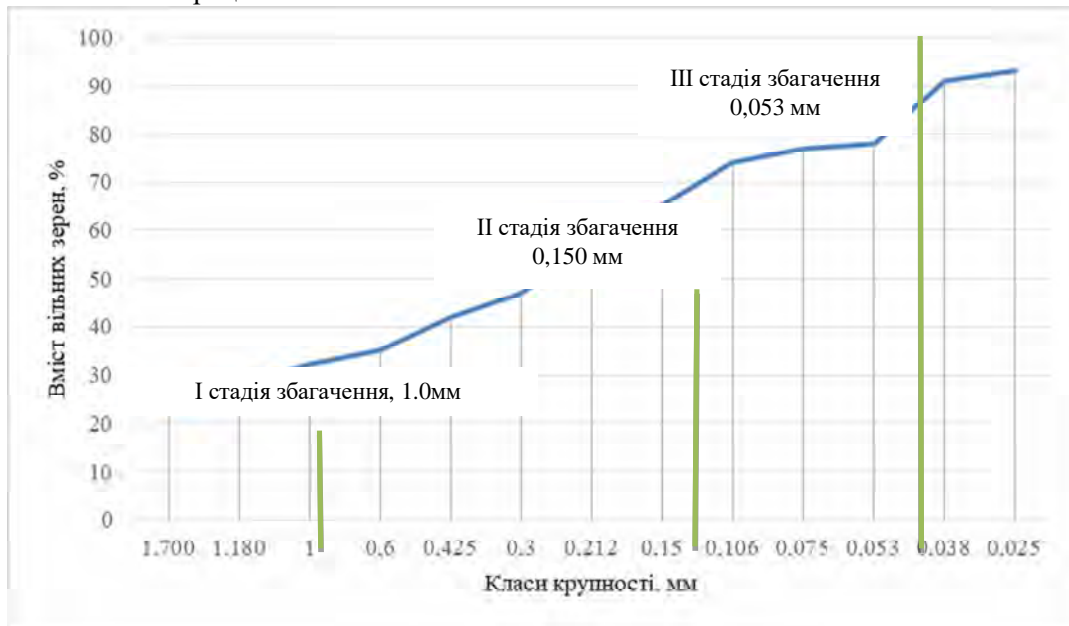


Рис. 2. Розкриття кварцу по класам крупності вихідної руди

Другий етап. Вихідну руду крупністю 20-0 мм було подроблено в валковій дробарці та ролер-пресі до крупності 1-0 мм. Отримані продукти подавалися на магнітну сепарацію у високоінтенсивному сепараторі при індукції магнітного поля 0,8 Тл.

Аналіз отриманих результатів (табл. 2) свідчить про суттєву перевагу використання для дроблення руди ролер-пресу:

- вміст заліза загального в магнітному продукті більше на 6% (49,35 проти 43,35%);
- вилучення заліза загального в магнітний продукт більше на 0,84% (91,58 проти 90,74%);
- вилучення кварцу в магнітний продукт менше на 17,94% (40,22 проти 58,16%);
- вміст заліза загального в немагнітному продукті менше на 1,95% (9,55 проти 11,5%);
- індекс селективності більше на 1,5;

вихід немагнітного продукту склав 32,21%, що відповідає кількості розкритого кварцу в цій крупності (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняння показників високоінтенсивної магнітної сепарації руди крупністю 1-0 мм дробленої в валковій дробарці та ролер-пресі

Вихідний матеріал	Продукти	Показники, %					Індекс селективності
		вихід	вміст Fe _{заг}	вміст SiO ₂	вилучення Fe _{заг}	вилучення SiO ₂	
Руда крупністю 1-0 мм після Валкової дробарки	Живлення	100,00	35,50	46,98	100,00	100,00	2,52
	Магнітний продукт	74,31	43,35	36,78	90,74	58,16	
	Немагнітний продукт	25,69	11,50	78,21	9,26	41,84	
Руда крупністю 1-0 мм після ролер-пресу	Живлення	100,00	36,50	46,01	100,00	100,00	4,02
	Магнітний продукт	67,79	49,35	27,30	91,58	40,22	
	Немагнітний продукт	32,21	9,55	85,40	8,42	59,78	

Магнітні продукти крупністю 1-0 мм, подрібнювалися в кульовому млині до крупності 150-0 мкм, та направлялися на високоінтенсивну магнітну сепарацію при індукції магнітного поля 0,8 Тл.

Аналіз отриманих результатів (табл. 3) показав перевагу використання для дроблення руди ролер-пресу, але не таку суттєву:

- вихід магнітного продукту більше на 12,3% (80,4 проти 68,1%);
- вилучення заліза загального в магнітний продукт більше на 2,49% (93,37 проти 90,88%);
- індекс селективності більше на 2,06.

Таблиця 3

Порівняння показників високоінтенсивної магнітної сепарації магнітного промпродукту крупністю 1-0 мм подрібненого в кульовому млині до крупності 150-0 мкм

Вихідний матеріал	Продукти	Показники, %					Індекс селективності
		вихід	вміст Fe _{заг}	вміст SiO ₂	вилучення Fe _{заг}	вилучення SiO ₂	
Магнітний продукт крупністю 150 мкм при дробленні вихідної руди в валковій дробарці	Живлення	100,00	43,35	36,78	100,00	100,00	2,81
	Магнітний продукт	68,10	57,85	16,38	90,88	30,33	
	Немагнітний продукт	31,90	12,35	80,39	9,12	69,67	
Магнітний продукт крупністю 150 мкм мм при дробленні вихідної руди в ролер-пресі	Живлення	100,00	49,35	27,30	100,00	100,00	4,87
	Магнітний продукт	80,40	57,31	16,64	93,37	49,0	
	Немагнітний продукт	19,60	16,70	71,01	6,63	51,0	

При цьому спостерігалось по обох варіантах, значне зростання вмісту заліза загального в магнітному продукті (до 57,31-57,85%) і порівняно невеликий вміст кварцу в магнітних продуктах (16,38-16,64%). В цілому ці показники по обох варіантах практично однакові. Це можна пояснити тим, що дана крупність є проміжною і режим подрібнення передбачає наявність значної кількості зростків (до 55%), які за розмірами суттєво перевищують розмір розкритих зерен (53 мкм).

Магнітні продукти крупністю 150-0 мкм, подрібнювалися в кульовому млині до крупності 53-0 мкм, та подавалися на високоінтенсивну магнітну сепарацію при індукції магнітного поля 1,0 Тл.

Аналіз отриманих результатів (табл. 4) показав суттєву перевагу використання для дроблення руди ролер-пресу:

- вміст заліза загального в магнітному продукті більше на 1,78% (65,48 проти 63,7%);
- вилучення заліза загального в магнітний продукт більше на 3,85% (89,32 проти 85,47%);
- вилучення кварцу в магнітний продукт менше на 9,13% (24,94 проти 34,07%);
- вміст заліза загального в немагнітному продукті менше на 9,51% (28,05 проти 37,56%);
- індекс селективності більше на 1,97.

Таблиця 4

Порівняння показників високоінтенсивної магнітної сепарації магнітного промпродукту крупністю 150-0 мкм подрібненого в кульовому млині до крупності 53-0 мкм

Вихідний матеріал	Продукти	Показники, %					Індекс селективності
		вихід	вміст Fe _{заг}	вміст SiO ₂	вилучення Fe _{заг}	вилучення SiO ₂	
Магнітний продукт крупністю 53 мкм при дробленні вихідної руди в валковій дробарці	Живлення	100,00	57,85	16,38	100,00	100,00	3,05
	Магнітний продукт	77,62	63,70	7,19	85,47	34,07	
	Немагнітний продукт	22,38	37,56	48,20	14,53	65,93	
Магнітний продукт крупністю 53 мкм при дробленні вихідної руди в ролер-пресі	Живлення	100,00	57,31	16,64	100,00	100,00	5,02
	Магнітний продукт	78,17	65,48	5,37	89,32	24,94	
	Немагнітний продукт	21,83	28,05	57,87	10,68	75,06	

При однаковій тенденції змін показників поділу руди в крупності 1-0 мм та 53-0 мкм, виявлена одна характерну відмінність, а саме різке зменшення заліза загального в немагнітному продукті (з 1,95% при крупності 1-0 мм до 9,51% при крупності 53-0 мм). Це можна пояснити тим, що при використанні у голові процесу, у якості дробарного апарату ролер-пресу, саме в даному діапазоні скорочення крупності частинок матеріалу (150-53 мкм) подрібненням в кульовому млині, проявляється ефект розміцнення міжкристалічних зв'язків між зернами в існуючих зростках, яке дозволяє розкрити їх без значного переподрібнення.

Загалом використання в технології збагачення окислених залізистих кварцитів, для дроблення вихідної руди ролер-пресу, у порівнянні з валковою дробаркою, дозволяє (табл.5):

підвищити якість кінцевого концентрату на 1,78% (з 63,7 до 65,48%) та вилучення заліза загального на 5,88% (з 70,49 до 76,37%);

знизити вміст кварцу в концентраті на 1,82% (з 7,19 до 5,37%) та його вилучення на 1,04% (з 6,01 до 4,97%);

знизити вміст заліза загального в хвостах на 2,22% (з 17,26 до 15,04%) при одночасному підвищенні вмісту в них кварцу на 3,6% (з 72,74 до 76,36%).

Таблиця 5

Порівняння збагачення руди дробленої в валковій дробарці та ролер-пресі						
Характеристика вихідного матеріалу та умов проведення експерименту	Продукти	Показники, %				
		вихід	вміст Fe _{заг}	вміст SiO ₂	вилучення Fe _{заг}	вилучення SiO ₂
Магнітне збагачення в три стадії при дробленні вихідної руди в валковій дробарці	Живлення	100,00	35,50	46,98	100,00	100,00
	Концентрат	39,29	63,70	7,19	70,49	6,01
	Сумарні хвости	60,71	17,26	72,74	29,51	93,99
Магнітне збагачення в три стадії при дробленні вихідної руди в ролер-пресі	Живлення	100,00	36,53	46,01	100,00	100,00
	Концентрат	42,60	65,48	5,37	76,37	4,97
	Сумарні хвости	57,40	15,04	76,36	23,63	95,03

Це свідчить про більш селективне руйнування руди в процесі дроблення в ролер-пресі ніж у валковій дробарці та ефективну підготовку поверхонь зростків для наступного їх розкриття при подальшому подрібненні в кульових млинах. В результаті цього знижуються втрати рудних мінералів в хвости, в процесі збагачення, при більш повному видаленню в них частинок пустої породи (кварцу).

Висновки та напрямок подальших досліджень.

1. Проведено дослідження по використанню ролер-пресу для дроблення окислених залізистих кварцитів.

2. Визначено особливості процесу руйнування матеріалу в робочій зоні ролер-пресу, та зроблено припущення, про можливість розміцнення міжкристалічних зв'язків між зернами в зростках які утворюються, що дозволить розкрити їх без значного переподрібнення. Особливо це стосується зростків с загальним розміром рудного та нерудного зерен.

3. Проведено дослідження та визначено три розміри фракцій в яких проводилися подальші технологічні дослідження, це: 1 мм, 150 та 53 мкм. Відмінностями їх є ступінь розкриття гематиту та кварцу, яка підвищується зі зменшенням крупності. Для руди яка використана при дослідженнях, матеріал крупністю 53 мкм можна вважати розкритим.

4. Проведено порівняння показників збагачення окислених залізистих кварцитів дроблених в валковій дробарці та ролер-пресі з подальшим їх подрібненням в кульовому млині та магнітним збагаченням.

5. Встановлено, що застосування ролер-пресу для дроблення вихідної руди крупністю 20-0 мм до крупності 1-0 мм, з подальшим його збагаченням, дозволило суттєво покращити показники поділу, в порівнянні з матеріалом дробленим в валковій дробарці. Так: вміст заліза загального в магнітному продукті більше на 6% (49,35 проти 43,35%); вилучення заліза загального в магнітний продукт більше на 0,84% (91,58 проти 90,74%); вилучення кварцу в магнітний продукт менше на 17,94% (40,22 проти 58,16%); вміст заліза загального в немагнітному продукті менше на 1,95% (9,55 проти 11,5%); індекс селективності більше на 1,5. Тобто після дроблення було отримано велику кількість нерудних зерен, які було видалено при магнітному збагаченні.

6. Збагачення магнітного продукту крупністю 1-0 мм подрібненого у кульовому млині до крупності 150-0 мкм, також показало переваги застосування матеріалу дробленого в ролер-

пресі. Так: вихід магнітного продукту більше на 12,3% (80,4 проти 68,1%) при практично однаковому вмісті в ньому заліза загального та кварцу; вилучення заліза загального в магнітний продукт більше на 2,49% (93,37 проти 90,88%); - індекс селективності більше на 2,06.

7. Особливо проявився ефект від дроблення руди в ролер-пресі при подрібненні магнітного продукту крупністю 150 мкм до крупності розкриття мінералів (53 мкм), а саме різке зменшення вмісту заліза загального в немагнітному продукті (на 9,51%) в порівнянні зі збагаченням матеріалу дробленого в валковій дробарці. Це пояснюється тим, що саме в даному діапазоні скорочення крупності частинок матеріалу (150-53 мкм) який відповідає оптимальному загальному розміру зростків рудного та нерудного компонентів, проявляється ефект розміщення міжкристалічних зв'язків між зернами, закладений в них у процесі руйнування. Це дозволило розкрити рудні та нерудні зерна без значного їх переподрібнення.

8. Загалом використання в технології збагачення окислених залізистих кварцитів, для дроблення вихідної руди ролер-пресу, у порівнянні з валковою дробаркою, дозволяє більш селективне руйнування руди та ефективну підготовку поверхонь зростків для наступного їх розкриття при подальшому подрібненні в кульових млинах. В результаті цього знижуються втрати рудних мінералів в хвости, в процесі збагачення, при більш повному видаленню в них частинок пустої породи (кварцу).

Напрямок подальших досліджень доцільно вважати розгляд механізму розміщення міжкристалічних зв'язків між зернами мінералів в крупності близької до їх розкриття.

Список літератури

1. Morkun V., Gubin G., Oliinyk T., Lotous V., Ravinskaia V., Tron V., Morkun N., Oliinyk M. High-energy ultrasound using to improve the quality of iron ore particles purification in the process of its enrichment // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6 № 12 (90) P. 41–51.
2. Олійник Т.А. Дослідження умов селективного руйнування мінеральних комплексів при збагаченні гематит-ільменітових руд / Т.А. Олійник, Л.В. Скляр, М.О. Олійник // Збагачення корисних копалин. – Дніпропетровськ. – 2015. – Вип. 60(101). – С. 57–67.
3. Олійник Т.А. Современные тенденции развития технологий обогащения гематитовых руд в Украине /Збагачення корисних копалин, 2014. – Вип. 56(97) Дніпропетровськ: НГУ, 2014.
4. Булах О.В. Використання бішофіту при подрібненні окислених залізистих кварцитів Скелеватського та Ваявкінського родовищ для зниження шламоутворення / О.В. Булах, О.О. Булах // Збагачення корисних копалин.– Вип.№ 57(98) – Дніпропетровськ: НГУ, 2014. – С. 80 – 82
5. Хопунов Э. А. Энергетические и силовые факторы селективного разрушения руд // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 1. С. 79–88.
6. Олійник Т.А. Використання математичного моделювання для визначення гранулометричного складу продукту дроблення руди в шарі під тиском / Т.А. Олійник, П.К. Ніколаско // 2019. – Збагачення корисних копалин - 72(113). – С. 44-47.
7. Fuerstenu D.W., Kapur D.Ñ., Gutsche Î. Comminution of minerals in a laboratory-size, choke-fed high-pressure roll mill // Mines carriers: Tech. 1994, no 3–4, pp. 24–28.
8. Kellerwessel H.A.M. High pressure particlebed comminution. State of the art, application, recent developments // Engineering and Mining Journal. 1996. Vol. 197, no 2, p. 45.
9. Лейбовиц А. Разрушение. Неорганические материалы. Т. 7, Ч. 1. - М.: Мир, 1967. - с. 61-128.
10. Интернет ресурс <http://hdl.handle.net/2115/37830>

Рукопис подано до редакції 13.05.2020

УДК 693

В.А. ШИМКО, ст. викладач, Криворізький національний університет
Г.В. ОНЬКОВА, інж., ДП «ДПІ «Кривбаспроект»

СУЧАСНИЙ РОЗВИТОК ІНДУСТРІАЛЬНИХ МЕТОДІВ ЗВЕДЕННЯ МАЛОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛА РІЗНИХ КАТЕГОРІЙ

Мета. Метою даної роботи є розглянути сучасні та більш індустриальні методи та організаційно-технологічні рішення при зведенні малоповерхових житлових будинків, малоповерхових міні-готелів та модульних містечок.

Методи дослідження. Для досягнення сформульованої мети застосовано теоретичні методи: аналіз та узагальнення наукової літератури та робіт з тематики, законодавчої та нормативної бази у сфері малоповерхового будівництва в Україні.

© Шимко В.А., Онькова Г.В., 2020