

© К.М. Ковбик ¹¹ Криворізький національний університет, Кривий Ріг, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ВИХОДУ ФРАКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ РУЙНУВАННІ МАРТИТОВИХ РУД СТРУМЕНЯМИ ВОДИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАПРЯМУ ЇХ ЗРІЗАННЯ

© К. Kovbyk ¹¹ Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

DETERMINATION OF YIELD OF FRACTIONAL MATERIAL BY DESTRUCTION OF MARTITE ORE BY WATER JETS DEPENDING ON THE DIRECTION OF THEIR CUTTING

Метою статті є висвітлення основних результатів виконаних дослідів з руйнування мартитових руд методом свердловинного гідроруйнування по їх нашаруванню. Оскільки в результаті виконаного аналізу літературних джерел встановлено, що деяка частина покладів Криворізького залізорудного басейну придатна до гідромоніторної виїмки. Розгляд способу впровадження технологій гідромеханізації гірничих робіт в умовах Криворізького залізорудного басейну є актуальним питанням.

Методика досліджень. З використанням експериментальних установок провести досліди з руйнування шарів мартитових руд, поступово збільшуючи тиск води та визначити якісний фракційний вихід сировини. Математична обробка отриманих результатів та побудованні залежностей на основі дослідів.

Результати дослідження. Висвітлення послідовності експерименту, створення зведених таблиць з результатами та побудова ілюстрованих графіків є результатом дослідження щодо визначення виходу фракційного матеріалу при руйнуванні руд струменями води.

Наукова новизна. Експерименти показали, що вихід фракції руд при їх відбиванні за допомогою методу гідроруйнування залежить як від тиску води, так і від нашарування руд. Руди, що руйнуються вздовж нашарування більш схильні до передрібнення, а руди, які руйнуються вхрест менш схильні. Тому вихід фракцій при руйнуванні шарів мартитових руд в деяких значеннях може бути керованим.

Практична значимість. Розробки покладів обводнених багатих залізних руд класичними способами, які непристосовані для цього, супроводжуються великою кількістю втрат рудної сировини, або неможливості відпрацювання покладу. Тому як альтернатива класичному бурі вибуховому методу руйнування масиву гірських порід пропонується технологія гідромеханізації. Використання технології свердловинного гідровидобування корисних копалин дозволить використовувати потоки води з дренажних свердловин або зумпфу для безпечного безвибухового руйнування масиву. Це підвищить безпеку ведення гірничих робіт, а також дозволить зменшити сейсмічний вплив на виробку до початку очисного виймання.

Ключові слова: руйнування руд, обводнення родовищ, гідровиймання, руйнування струменями води, шари породи, гідромеханізація, підземна розробка.

Вступ. Для основних типів руд і порід залізорудних родовищ України, і особливо Кривбасу, раніше проведені ґрунтовні експериментальні вимірювання та

аналітичні узагальнення основного комплексу фізико-механічних властивостей, що використовуються в розрахунках традиційних гірничо-технологічних і гірничо-геомеханічних процесів розробки [1, 2]. Встановлено, що в найбільш поширених мартитових рудах між мінералогічним складом і масовим вмістом заліза, а також основними характеристиками щільнісних і деформаційно-міцнісних властивостей спостерігаються закономірні зв'язки, що дозволяють будувати прогностні кореляційні залежності по одному з відомих параметрів. Тому деяка частина покладів багатих залізних руд є перспективною для впровадження технологій гідровиймання. Визначено, що в діапазоні $4 < \eta < 20\%$ залежність межі міцності зразків мартитових руд на одновісний $[\sigma_{сж}]$ від пористості η має обернено пропорційний характер, а залежність між вмістом заліза Fe і пористістю η має в діапазоні $4 < \eta < 20\%$ лінійний характер [1, 2]. Дослідження також показали, що для руд цього типу відзначається певна закономірність у зміні щільності, пористості, міцнісно-деформаційних характеристик як з глибиною, так і по протяганню. Відзначається, що найбільш низька міцність при будь-яких видах навантаження властива високо пористими мартитовими рудами з гранулобластовою мікрогранульованою структурою, що є наслідком гіпергенних процесів дезінтеграції і вилуговування кварцу. При цьому, вплив пористості в діапазоні 20-40% і вище на показники міцності і вміст заліза в мартитових рудах. Разом з тим практика показує, що при гідрогеологічній підготовці горизонтів до очисної виїмки в масивах багатих вилужених мартитових руд, вміст заліза досягає 68-69,5%, повсюдно відзначається інтенсивний винос з дренажних і гідрогеологічних свердловин значних обсягів порошкових рудних матеріалів, що мають при насиченні водою пливучі властивості. Цей факт є принциповою підставою для проведення досліджень щодо примусового гідравлічного руйнування і переміщення свердловинами гідросуміші руд зазначеного типу. Дослідження [3, 4] показали, що характер зміни гідродинамічних параметрів гідромоніторних струменів в значній мірі залежить від початкового тиску води на виході з насоса і діаметра вихідного отвору насадки. Найбільш простою і оптимальною, з точки зору гідродинаміки потоку, конструкцією підвідного каналу є пряма труба довжиною, що перевищує 50 діаметрів її внутрішнього каналу та закінчується насадкою конструкції Никонова-Шавловського [5].

Гірничо-технологічні властивості основних різновидів природньо багатих залізних руд Криворізького басейну, як об'єктів свердловинної відбійки вибухом, для різних глибин вивчені досить повно. Гірничо-технологічні властивості частини мартитових руд вимивання з вмістом заліза більше 64% і пористістю більше 20%, як об'єктів свердловинної гідромоніторної відбійки, особливо для умов глибоких горизонтів шахт Кривбасу, в достатньому обсязі не вивчались.

Мета роботи. Експериментально визначити особливості механізму руйнування мартитових руд струменями води. Визначити кількісний та якісний вихід фракції при такому руйнуванні масиву від руйнування по нашаруванню, та вхрест.

Матеріали та результати досліджень. Залізні руди криворізького басейну не відносяться до вартісних руд, тому економічно не ефективно використання технологій зміцнення масиву, граутінгу, заморозки надр. У випадках вторинного

обводнення масиву, або прориву води, здебільшого воду відводять на ділянках, але відведена вода майже не використовують у технологічних процесах. Тому у випадку коли виникає проблема відпрацювання покладів в умовах обводнення родовищ, і не є можливим осушити повністю ділянку покладу. Оскільки капіталовкладення в осушення в загальному комплексі гірничих робіт можуть досягати в 15-20% від загальної вартості, а експлуатаційні витрати до 25-30% від собівартості видобутку [6, 7]. Слід вважати перспективним використання шахтних вод у технологічних процесах видобування корисної копалини. Одним за напрямків такого використання є гідромеханізація, а саме впровадження технологій гідромеханічного відпрацювання покладів багатих обводнених залізних руд.

Оскільки в умовах Криворіжжя присутні поклади зі складеною гідрогеологічною ситуацією. Приклади:

Поклад (Шахта «Ювілейна») «Шурфів 42-46» складений пухкою, слабостійкою, схильною до самообвалення та розмитою мартитовою рудою з вмістом загального заліза, що досягає 67...68%. Рудний масив сильно обводнений і вимагає попереднього осушення. При проходці дренажних свердловин спостерігається вилів води від 0,5 до 2 м³/год. У момент водотоку відбувається винос рудного матеріалу зі свердловини, який накопичується в виробках у вигляді конусів шламу висотою до 1 м. Все це свідчить про те, що даний поклад найбільш сприятливий для проведення дослідно-методичних і експериментально-промислових робіт з видобутку руд методом свердловинного гідро-видобування.

Проведення дослідно-методичних і дослідно-експериментальних досліджень зі свердловинної відбійки залізних руд були розроблені і виготовлені переносна малогабаритна експериментальна гідромоніторна установка, а також стаціонарний і пересувний гідродовидобувні комплекси, що включають дослідні гідромоніторні установки, що з'єднуються як з шахтними водонапірними магістралями, так і з напірними водяними насосами [8-10].

Аналіз функціональних і кінематичних операцій свердловинних гідромоніторів показав, що в якості гідромоніторного агрегату можна використовувати верстати глибокого буріння типу НКР-100МПа або КБУ-1, що забезпечують як буріння в будь-якому напрямку на глибину до 50 м гідротехнологічних свердловин діаметром 105-130 мм, так і гідромоніторної операції з руйнування рудного масиву вздовж і навколо осі видобувних свердловин переміщаються на 1350 мм і обертовими до 85 об/хв струменями води. Для роботи в гідромоніторному режимі бурові агрегати замість пневмоударника забезпечуються розміщеними на кінці бурового ставу штангами, що становлять (з якісними різьбовими з'єднаннями) ствол гідромонітора, спеціальним гідромоніторним оголовком [9] з замінними бічними струеформуєчими однією або двома насадками. При цьому, одна насадка створює реактивну силу відхилення, що під час обертання гідромонітора навколо осі викликає розгойдування ставу штанг і сприяє ліквідації можливого забиття гирла свердловини великими відбитими шматками руди, а дві насадки дозволяють стабілізувати ствол гідромонітора і в два рази збільшити продуктивність відбійки.

Система доставки гідросуміші складається з закріпленого в гирлі свердловини превентора, що являє собою металеву трубу діаметром 100-130 мм і довжиною 1 м під фланцеве ущільнення, бокового відводу і пульповодів. Пульповодом є поліетиленова труба діаметром 150 мм, що закінчується гнучким, який гасить швидкість потоку пульпи розвантажувальним пристроєм. Вузол навантаження і зневоднення пульпи складають розміщуючи на платформах вагона ВГ-4 уніфіковані системою дренажних отворів контейнери, що з'єднуються між собою знімними водопритоками.

На рис. 1 представлена технологічна схема проведення дослідження переносною гідромоніторною установкою в гірничих виробках шахт. Свердловинний (шпуровий) гідромонітор, включає: стовбур з металевих труб довжиною 2 м, зовнішнім діаметром 36 мм і внутрішнім діаметром 24 мм; гідромоніторну головку довжиною 60 мм і діаметром 40 мм з прямоточним або бічним розміщенням замінних струеформуєчих насадок; важелі ручного управління для поздовжнього і обертального переміщення струменя в свердловині. Як генератор тиску води використовується шестерний високонапірний насос НШ-50, що забезпечує постійну витрату технологічної води $Q = 3,0 \text{ м}^3/\text{год}$ і розвиває тиск $P_0 = 12 \text{ МПа}$, контрольоване при різних початкових діаметрах струменя $d_0 = 3-5 \text{ мм}$ манометром зі шкалою 0-25 МПа. Приводним двигуном насоса служить асинхронний електродвигун потужністю 3,6кВт і зі швидкістю обертання валу 1450 об/хв.

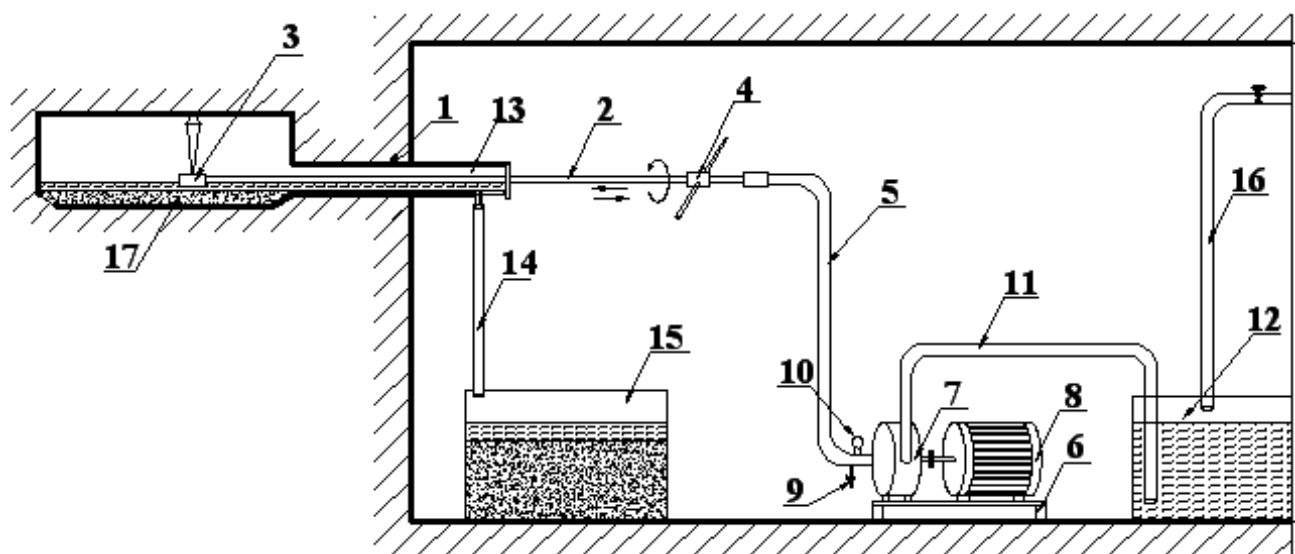


Рис. 1. Технологічна схема проведення дослідно-методичних досліджень з руйнування залізородного масиву через свердловину переносної гідромоніторної установки: 1 – свердловина; 2 – ствол гідромонітора; 3 – головка з гідронасадкою; 4 – важелі управління; 5 – рукав високого тиску; 6 – станина генератора тиску води; 7 – насос; 8 – електродвигун; 9 – дросель; 10 – манометр; 11 – водовід; 12 – ємність для води; 13 – пульповоди; 14 – пульповідводи; 15 – ємність для збору продуктів руйнування (пульпи); 16 – трубопровід; 17 – гідросуміш.

Комплекс включає свердловинний гідромоніторний агрегат, систему доставки гідросуміші від гирла видобувних свердловин до місця зневоднення, вузол розвантаження (навантаження) і зневоднення гідросуміші, блок підготовки напірної технологічної води і систему оборотного водопостачання.

Блок підготовки технологічної води включає вагон-резервуар ВГ-4, вагон-освітлювач води (ВГ-2) і насос ЦНС-38-220, з контрольно-вимірною і пусковою апаратурою, електродвигун потужністю 55кВт, усмоктувальний трубопровід із зворотним клапаном. Насос ЦНС-38-220 забезпечує при стійкому режимі роботи тиск від 2 до 2,8 МПа. Варіація параметрів тиску досягається зміною діаметра насадок від 10 до 12 мм або скиданням частини води через засувку. Тиск контролюється водяним манометром з робочою шкалою 0-5 МПа. Від насоса до струєформуєчої насадки струмінь води під тиском подається металевими трубами, гнучким рукавом високого тиску, і через гідромуфту ставом бурових штанг.

Гідроруйнування через свердловини пробурені уздовж шаруватості рудного масиву (досліди серії А) включало: руйнування перших інтервалів технологічних порожнин насадкою КН4; руйнування других і третіх інтервалів насадкою КН2 (рис. 2, а). Гідроруйнування через свердловини пробурені перпендикулярно шаруватості рудного масиву (досліди серії Б) включало: руйнування перших інтервалів технологічних порожнин насадкою КН4; друге руйнування інтервалів насадкою КН3, третє руйнування інтервалів насадкою КН2 (рис. 2, б). При проведенні експериментів час фіксувався секундоміром, лінійні розміри – стрічкою, тиск води в гідромоніторі – манометром (табл. 1).

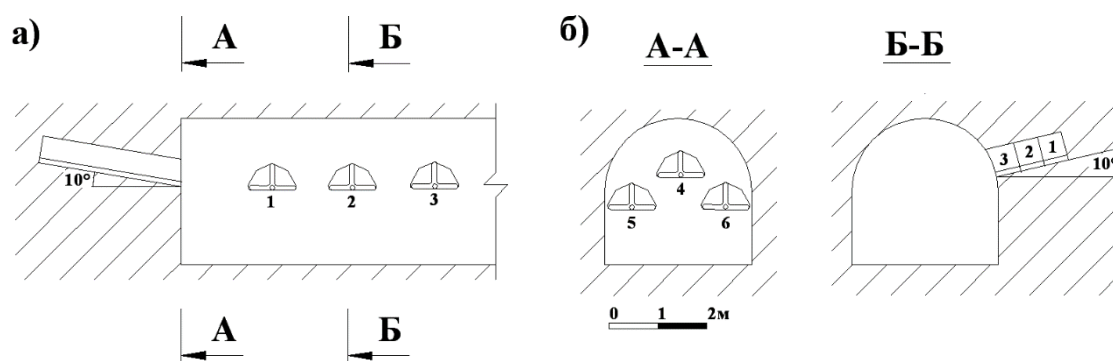


Рис. 2. Схема розташування експериментальних порожнин для гідромоніторного руйнування масиву в орту 74а: а, б – відповідно стоянки А і Б; 1, 2, 3 – номери свердловин

Таблиця 1

Основні технологічні характеристики процесу гідроруйнування

№ свердловини	Досліди серії А					Досліди серії Б				
	D	L	Z	П	q	D	L	Z	П	q
1	0,32	0,8	0,23	1,3	2,1	0,56	0,65	0,58	3,2	0,82
2	0,36	0,7	0,26	1,4	1,8	0,63	0,72	0,81	4,5	0,6
3	0,30	0,8	0,2	1,1	2,4	0,54	0,72	0,62	3,4	0,77
Середнє	0,32	0,77	0,23	1,3	2,1	0,58	0,71	0,57	3,7	0,72

Максимальний радіус руйнування R_{max} в дослідях серії А досяг значення 0,45, а в дослідях серії Б - 0,62 м при $P_o = 4,5$ МПа і $d_o = 3,0$ мм.

Отримані результати гранулометричного складу руд зведені в таблицю 2.

Таблиця 2

Гранулометричний склад проб руди

Клас крупності, мм	Вихід класу, %			
	Тиск струменя води, МПа			
	1,5	2,5	3,5	4,0
+1,0	18,2	28,9	30,0	30,3
-1,0 +0,5	21,8	14,2	24,3	26,0
-0,5 +0,25	15,2	19,7	13,7	16,2
-0,25 +0,1	22,3	24,4	23,8	23,0
-0,1	22,5	12,8	8,2	4,5
Середній діаметр шматка, мм	0,544	0,663	0,729	0,753

Процентний вміст виходу фракцій руди класу -0,1 +0,0 в залежності від тиску водяних струменів і орієнтації щодо шаруватості рудного масиву представлено на рис. 3.

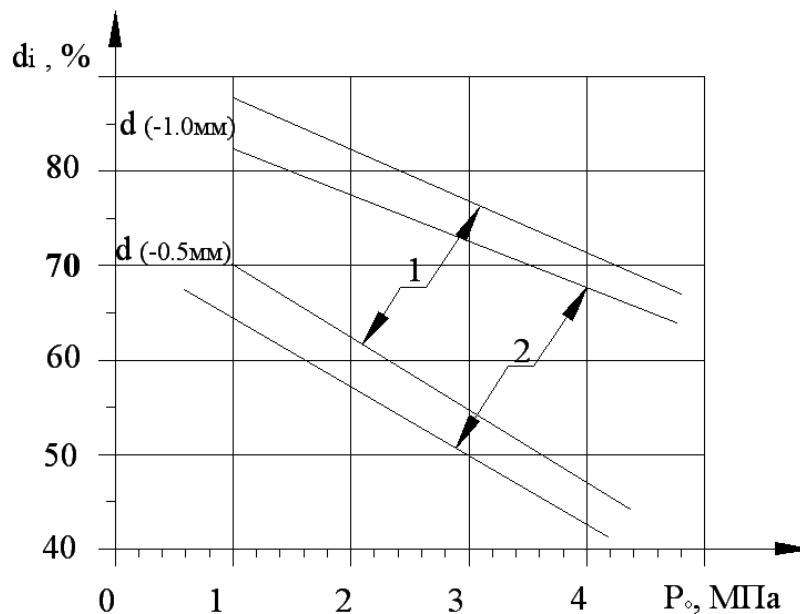


Рис. 3. Залежності виходу руди класів (-0,5 + 0,0 мм) і (-1,0 + 0,0 мм) від початкового тиску водяних струменів, спрямованих по шаруватості – 1 і в хрест шаруватості – 2 рудних масивів

Висновки. Вперше встановлена залежність виходу фракції руд при їх відбиванні за допомогою методу гідроруйнування від розташування слоїв породи. По шаруватості і вхрест. Виявлено:

1. Величина виходу фракції -0.5 мм до 0.0 мм залежить від тиску. Чим вище тиск, тим дрібніше стає фракція.

2. Величина виходу фракції залежить від шаруватості порід, зрізання вхрест дає більш крупну фракцію, ніж зрізання вздовж шарів.

Як подальший розвиток планується й надалі досліджувати міцнісні, деформаційні та фізико-механічні властивості мартизових руд при їх руйнуванні струменями води, а також розробити технології впровадження методу свердловинного гідроруйнування масиву.

Перелік посилань

1. Глушко, В.Т., & Борисенко, В.Г. (1978). *Инженерно-геологические особенности железорудных месторождений*. Недра.
2. Балута, А.М., Ривкин, И.Д., & Тохтуев, Г.В. (1972). *Ожидаемые горно-геологические условия и формы проявления горного давления на глубоких горизонтах Криворожского бассейна*. Наукова думка.
3. *Исследование гидравлического разрушения угля*. (1968). Наука.
4. Никонов, Г.П., Кузьмич, И.А., & Гольдин, Ю.А. (1986). *Разрушение горных пород струями воды высокого давления*. Недра.
5. Шавловский, С.С. (1979). *Основы динамики струи при разрушении горного массива*. Недра.
6. Ступник, Н.И., Кудрявцев, М. И., & Басов, А.М. (2010). Пути совершенствования технологии подземной разработки богатых руд Кривбасса. *Вісник Криворізького технічного університету*, 26, 23-26.
7. Кудрявцев, М.И., Ступник, Н.И., & Грищенко, Т.С (2011). Сравнительная оценка систем поэтажного обрушения по факту извлечения чистой руды в условиях подземного Кривбасса. *Вісник Криворізького технічного університету*, 28, 3-5.
8. Тарасютин, В.М. (1992). *Исследование и разработка аванпроекта скважинной гидротехнологии для условий шахт Кривбасса, 1-902-92*. КГРИ.
9. Тарасютин, В.М., (1993). *Исследование возможности получения суперконцентрата в условиях шахты «Юбилейная» рудника «Сухая Балка», 1-И-98*. АГНУ.
10. Тарасютин, В.М. (1996). *Экспериментальные исследования и разработка эффективных способов скважинной гидродезинтеграции и обогащения рыхлых разновидностей окисленных руд шахт ПО «Кривбассруда», 1-74-93*. КТУ.

ABSTRACT

Purpose. Highlight the main results of the experiments performed on the destruction of martite ores by the method of borehole hydraulic destruction by their layering. Since, as a result of the analysis of literary sources, it was established that some of the deposits of the Kryvyi Rih iron ore basin are suitable for hydro monitor excavation. Consideration of the method of introducing technologies for hydromechanization of mining operations in the conditions of the Kryvyi Rih iron ore basin is a topical issue.

The methods. Using experimental installations conduct experiments on the destruction of layers of martite ores, gradually increasing the water pressure and determine the qualitative fractional yield of raw materials. Mathematical processing of the results obtained and the construction of dependencies based on experiments.

Findings. Showing of the sequence of the experiment, the creation of summary tables with the results and the construction of illustrated graphs is the result of a study of determining the yield of fractional material during the destruction of ores by water jets.

The originality. Experiments have shown that the yield of the ore fraction during their destruction using the hydro fracture method depends both on the water pressure and on the stratification of the ores. Ores that break down along the layer are more prone to overgrinding, and ores that break into a cross are less likely to. Therefore, the output of fractions during the destruction of layers of martite ores in some values can be controlled.

Practical implementation. The development of *flooding* deposits of rich iron ores by classical, unsuitable methods is accompanied by a large number of losses of ore raw materials or the impossibility of developing the deposit, because an alternative to the classical drilling and blasting method of destruction of a massif of rock is proposed technology of hydromechanization. The use of borehole hydraulic mining technology will allow the use of water flows from drainage wells or a sump for the safe, non-explosive destruction of the massif. This will increase the safety of mining operations, as well as reduce the seismic impact on the workings before the start of stope extraction.

Keyword: *ore destruction, flooding of deposits, hydraulic mining, destruction by water jets, rock layers hydromechanization, underground development.*