

УДК 553.31 : 549 : 622.7 (477.63)

Євтехов В.Д., Євтехов Є.В., Ніколаєнко К.В.,
Філенко В.В., Смірнов О.Я.

ГЕОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОДРІБНЕННЯ ГЕМАТИТОВИХ КВАРЦИТІВ ПРИ ЇХ ПІДГОТОВЦІ ДО ЗБАГАЧЕННЯ (на прикладі Валявкинського родовища Кривбасу)

Наведені результати експериментів, спрямованих на визначення оптимальних режимів подрібнення бідних гематитових руд. Показано, що внаслідок різної механічної стійкості руди семи досліджених мінеральних різновидів суттєво відрізняються за показниками подрібнення. Зроблений висновок, що для запобігання переподрібнення рудного матеріалу необхідно поетапно виводити з технологічної лінії готовий до збагачення матеріал з крупністю частинок менше 0,1 мм.

Гематитові кварцити, які є продуктом гіпергенних змін магнетитових кварцитів залізисто-кремнистої формації докембрію [1, 2], відносяться до групи бідних залізних руд, що потребують збагачення [4]. Дослідження збагачуваності бідних гематитових руд Криворізького басейну виконувались, починаючи з 60-х років ХХ ст., фахівцями багатьох науково-дослідних і проектних інститутів, науково-виробничих та інших організацій («Механобр», Санкт-Петербург; «Механобрчормет», Кривий Ріг; «Діпромашвуглезбагачення», Луганськ, «Магніс», Луганськ; «Продекологія», Рівне; РІВС, Санкт-Петербург; «Спірит», Іркутськ; «Промтехнології», Кривий Ріг та ін.). Основною причиною того, що до поточного часу не розроблена оптимальна технологія виробництва з гематитових кварцитів високоякісного концентрату, полягає в недостатньому врахуванні їх мінералогічних особливостей. Основними з них є наступні:

- відносна простота мінерального складу гематитових кварцитів (гематит + кварц);
- висока варіативність гематитових кварцитів за кількісними співвідношеннями рудоутворювальних мінералів, за фізичними, технічними властивостями;
- присутність у їх складі тонкокристалічних агрегатів рудних мінералів (дисперсний гематит, дисперсний гетит), які за традиційними технологіями неможливо відокремити від тонкокристалічних агрегатів нерудних мінералів (каолінит, кварц) і надійно вилучити до концентрату;
- схильність основного рудного мінералу гематиту, представленого, головним чином, мартитом, до переподрібнення при підготовці руд до збагачення;

– наявність у складі гематитових кварцитів рудних мінералів, які суттєво відрізняються за питомою магнітною сприйнятливістю (гематит, гетит, магнетит);

– значна відмінність рудних (гематит, гетит, магнетит) і нерудних (каоолініт, кварц) мінералів за густиною.

Ці характерні риси гематитових кварцитів слід врахувати при розробці ефективних методів як рудопідготовки вихідної сировини, так і її збагачення. Основними стадіями рудопідготовки, на думку авторів цієї роботи, є: 1) оптимальна схема усереднення руд виділених мінералогічних різновидів і сортів при компоновці вихідного матеріалу до збагачення; 2) ефективна технологія подрібнення вихідного матеріалу з метою, з одного боку, розкриття рудних і нерудних мінералів, а з другого – недопущення переподрібнення індивідів і агрегатів рудних мінералів. Методика компоновки усередненого рудного потоку, який спрямовується на збагачення, розглянута в попередній статті одного з авторів [3]. Метою ж цієї роботи є виявлення напряму пошуку оптимальної технології подрібнення гематитових кварцитів.

Дослідження виконувались для бідних гематитових руд Валявкинського родовища, які найбільш ґрунтовно вивчені серед усіх криворізьких родовищ цього виду залізорудної сировини.

В попередній роботі авторів [3] зазначалось, що для виконання геологічних, мінералогічних і технологічних досліджень у забоях кар'єру №3 комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг», яким розробляється Валявкинське родовище, були відібрані 129 рядових проб гематитових кварцитів. Результати мінералогічного вивчення матеріалу проб були використані для виділення рядових мінеральних різновидів бідних гематитових руд родовища – їх виявилось 40. За подібністю мінералогічних, хімічних показників, фізичних властивостей вони були об'єднані в 7 укрупнених мінеральних різновидів руд: 1) кварцити гетит-гематитові; 2) кварцити гетит-гематитові маршалітизовані; 3) кварцити гетит-гематитові окварцовані; 4) кварцити гематитові; 5) кварцити гематитові маршалітизовані; 6) кварцити гематитові окварцовані; 7) кварцити магнетит-гематитові. Особливості хімічного складу гематитових кварцитів укрупнених мінеральних різновидів, наведені в табл. 1.

Матеріал семи укрупнених мінералогічних проб використовувався при виконанні технологічних експериментів, метою яких було визначення режимів ефективного подрібнення бідних гематитових руд Валявкинського родовища. Досліди проводились за методикою Широкинського-Тунцова. Подрібнення виконувалось у водному середовищі з використанням лабораторного кульового млина 40-МЛ. Одержані результати наведені в табл. 2.

Було проведене мікроскопічне дослідження продуктів подрібнення гематитових кварцитів усіх семи укрупнених мінеральних різновидів. Його результати показали, що в складі матеріалу гранулометричної фракції $-0,1+0,02$ мм 97-99% рудних частинок є розкритими і вони хара-

ктеризуються розміром $-0,071$ мм. Частинки більш крупного розміру ($-0,1+0,071$ мм) представлені, головним чином, мономінеральним кварцом, зрідка кварцом з незначними за розміром вкрапленнями гематиту. Це пояснюється більш високою міцністю індивідів і агрегатів кварцу в порівнянні з виділеннями гематиту.

Таблиця 1.

Середній вміст хімічних компонентів у складі гематитових кварцитів семи укрупнених мінеральних різновидів

№ п/п	Укрупнені мінеральні різновиди руд	Вміст, мас.%					
		Fe _{зар.}	Fe _{магн.}	FeO	Al ₂ O ₃	S	в.п.п.
1у	кварцити гетит-гематитові	38,84	0,47	0,79	0,17	0,007	2,33
2у	кварцити гетит-гематитові маршалітизовані	30,91	0,51	0,67	0,17	0,005	2,01
3у	кварцити гетит-гематитові окварцовані	34,57	0,58	0,97	0,15	0,004	1,83
4у	кварцити гематитові	39,52	1,23	1,21	0,17	0,005	0,71
5у	кварцити гематитові маршалітизовані	31,17	0,83	1,06	0,17	0,009	0,73
6у	кварцити гематитові окварцовані	34,36	0,89	1,07	0,17	0,007	0,77
7у	кварцити магнетит-гематитові	37,56	10,37	5,28	0,18	0,030	0,32
Середні дані		35,43	2,29	1,68	0,17	0,010	1,25

Таблиця 2.

Результати подрібнення гематитових кварцитів

Гранулометричні фракції, мм	Час подрібнення, хвилини		
	5	10	15
Проба 1у. Кварцити гетит-гематитові			
+0,16	38,1	23,2	9,2
-0,16+0,1	28,5	23,8	15,5
-0,1+0,074	7,9	9,6	13,3
-0,074+0,05	4,6	5,4	11,4
-0,05+0,02	3,8	9,2	12,8
-0,02+0	17,1	28,8	37,8
Загалом	100,0	100,0	100,0
Проба 2у. Кварцити гетит-гематитові маршалітизовані			
+0,16	33,4	17,5	6,8
-0,16+0,1	29,3	20,4	10,9
-0,1+0,074	8,9	10,6	12,3
-0,074+0,05	5,2	6,9	10,3
-0,05+0,02	4,5	9,8	14,4
-0,02+0	18,7	34,8	45,3
Загалом	100,0	100,0	100,0
Проба 3у. Кварцити гетит-гематитові окварцовані			
+0,16	40,5	29,9	18,8
-0,16+0,1	28,7	22,7	20,0
-0,1+0,074	13,5	13,7	15,2
-0,074+0,05	2,0	4,5	5,6
-0,05+0,02	2,9	6,0	7,8
-0,02+0	12,4	23,2	32,6
Загалом	100,0	100,0	100,0
Проба 4у. Кварцити гематитові			
+0,16	37,9	26,4	10,4

Гранулометричні фракції, мм	Час подрїбнення, хвилини		
	5	10	15
-0,16+0,1	29,1	22,2	15,9
-0,1+0,074	8,2	10,2	15,5
-0,074+0,05	4,3	5,1	10,2
-0,05+0,02	3,6	9,0	12,4
-0,02+0	16,9	27,1	35,6
Загалом	100,0	100,0	100,0
Проба 5у. Кварцити гематитовї маршалїтизованї			
+0,16	40,1	21,1	7,3
-0,16+0,1	25,7	21,3	12,4
-0,1+0,074	8,3	10,3	12,3
-0,074+0,05	5,0	5,6	11,3
-0,05+0,02	4,1	8,1	13,6
-0,02+0	16,8	33,6	43,1
Загалом	100,0	100,0	100,0
Проба 6у. Кварцити гематитовї окварцованї			
+0,16	43,4	34,1	19,4
-0,16+0,1	29,5	21,1	20,3
-0,1+0,074	12,0	12,3	14,3
-0,074+0,05	1,7	4,9	6,2
-0,05+0,02	2,6	6,4	8,5
-0,02+0	10,8	21,2	31,3
Загалом	100,0	100,0	100,0
Проба 7у. Кварцити магнетит-гематитовї			
+0,16	39,5	26,7	12,3
-0,16+0,1	30,8	24,5	17,5
-0,1+0,074	7,9	10,0	15,2
-0,074+0,05	4,1	4,8	10,9
-0,05+0,02	3,0	8,4	11,7
-0,02+0	14,7	25,6	32,4
Загалом	100,0	100,0	100,0

Висновки

1. Максимальна кількість шламоподібного матеріалу з крупністю частинок менше 0,02 мм і мінімальна – матеріалу з крупністю частинок понад 0,1 мм за рівних умов утворюється при подрїбненні маршалїтизованих різновидів гетит-гематитових і гематитових кварцитів. Це пояснюється їх природною дезінтегрованністю, низькою стійкістю до механічного впливу при дробленні й подрїбненні.

2. Найменша кількість шламоподібного матеріалу і найбільша – матеріалу з крупністю частинок понад 0,1 мм утворюється при подрїбненні окварцованих різновидів гетит-гематитових і гематитових кварцитів, для яких внаслідок гіпергенного окварцування характерна природна висока міцність.

3. Для гетит-гематитових, гематитових і магнетит-гематитових кварцитів характерні проміжні показники виходу шламоподібної і крупнозернистої фракцій.

4. Практично повне розкриття індивідів і агрегатів рудних мінералів гематитових кварцитів (гематит, гетит, магнетит) настає при подрїбненні рудного матеріалу до крупності частинок -0,1 мм.

5. У зв'язку з різною міцністю гематитових кварцитів різних мінеральних різновидів, з різною їх здатністю до подрібнення, слід рекомендувати відділення готового до збагачення матеріалу з крупністю частинок менше 0,1 мм після кожної стадії подрібнення. Це сприятиме запобіганню переподрібнення, ошламування рудної складової гематитових кварцитів.

6. При підготовці техніко-економічного обґрунтування збагачувальної установки необхідно провести більш детальні дослідження режимів подрібнення бідних гематитових руд.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И. и др. Геология Криворожских железорудных месторождений // Киев: Изд. АН УССР, 1962.– Т. 1.– 484 с.*

2. *Мартыненко Л.И., Попов Е.А., Татунь Г.Т. и др. Основные закономерности формирования коры выветривания железистых пород Кривого Рога // Геология рудных месторождений.– 1971.– №5.– С. 87-97.*

3. *Смірнов О.Я. Обґрунтування компоновки представницьких проб бідних гематитових руд Криворізького басейну для виконання їх мінералогічно-технологічних досліджень (на прикладі Валявкинського родовища) // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету.– 2012.– №1(27).– С. 85-91.*

4. *Смірнов О.Я., Євтехов Є.В., Євтехов В.Д. Мінералогічне обґрунтування оптимальної технології збагачення гематитових кварцитів Валявкинського родовища Кривбасу // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету.– 2011.– №1(25).– С. 38-50.*

ЄВТЕХОВ В.Д., ЄВТЕХОВ Є.В., НІКОЛАЄНКО К.В., ФІЛЕНКО В.В., СМІРНОВ О.Я. Геологічний аспект оптимізації подрібнення гематитових кварцитів при їх підготовці до збагачення (на прикладі Валявкинського родовища Кривбасу).

РЕЗЮМЕ. Геологічні, мінералогічні дослідження й технологічні експерименти виконувались з метою визначення режимів ефективного подрібнення бідних гематитових руд (гематитових кварцитів) Криворізького басейну при їх підготовці до збагачення. Використовувався матеріал семи різновидів гематитових кварцитів, якими складений поклад цих руд Валявкинського родовища. Досліди проводились за методикою Широкинського-Тунцова. Результати показали, що за рівних умов експериментів маршалітизовані різновиди гематит-гематитових і гематитових кварцитів схильні до переподрібнення, а окварцовані їх різновиди – до недоподрібнення. Проміжні показники характерні для гематитових, гематит-гематитових, магнетит-гематитових кварцитів. Рекомендовано відділяти готовий до збагачення матеріал з крупністю частинок менше 0,1 мм після кожної стадії подрібнення.

Ключові слова: залізисто-кремниста формація, Криворізький басейн, гематитові кварцити, мінералогія; збагачення.

ЄВТЕХОВ В.Д., ЄВТЕХОВ Е.В., НИКОЛАЄНКО К.В., ФІЛЕНКО В.В., СМІРНОВ А.Я. Геологический аспект оптимизации измельчения гематитовых кварцитов при их подготовке к обогащению (на примере Валявкинского месторождения Кривбасса).

РЕЗЮМЕ. Геологические, минералогические исследования и технологические эксперименты выполнялись с целью определения режимов эффективного измельчения бедных гематитовых руд (гематитовых кварцитов) Криворожского бассейна при их подготовке к обогащению. Использовался материал семи разновидностей гематитовых кварцитов, которыми сложена залежь этих руд Валявкинского месторождения. Испытания проводились по методике Широкинского-Тунцова. Результаты показали, что при равных условиях экспериментов маршалитизированные разновидности гематитовых и гематитовых кварцитов склонны к переизмельчению, а окварцованные их разновидности – к недоизмельчению. Промежуточные показатели характерны для гематитовых, гематит-гематитовых, магнетит-гематитовых кварцитов. Рекомендовано отделять готовый к обогащению материал с крупностью частиц менее 0,1 мм после каждой стадии измельчения.

Ключевые слова: железисто-кремнистая формация, Криворожский бассейн, гематитовые кварциты, минералогия; обогащение.

EVTEKHOV V.D., EVTEKHOV E.V., NIKOLAYENKO K.V., FILENKO V.V., SMIRNOV O.Ya. Geological aspect of optimizing hematite quartzites preliminary grinding for concentration process (at the example of Valyavkinske deposit at the Krivbas).

SUMMARY. Geological, mineralogical studies and technological experiments have been carried out with the purpose to define conditions of effective grinding of low-grade hematite ore (hematite quartzite) of the Kryvyi Rih basin prior to processing. Seven varieties of hematite quartzite from Valyavkinske deposit have been used. The Method of Shyrokinskyi-Tuntsov has been applied. After the results, at equal conditions of the experiments, marshaled varieties of goethite-hematite and hematite quartzites have tendency to be overgrinded, but the silicificated rocks have tendency to be undergrinded. Intermediate indexes are specific for hematite, goethite-hematite, magnetite-hematite quartzites. It is recommended to separate ready for concentration material having particle size less than 0.1 mm after each stage of grinding.

Key words: banded iron formation, the Kryvyi Rih basin, hematite quartzites, mineralogy, concentration.

*Надійшла до редакції 23 листопада 2011 р.
Представив до публікації кандидат геолого-мінералогічних наук Ю.Л.Грицай.*