

СПОСОБ ОЦЕНКИ ДРОБИМОСТИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ

На современном этапе развития горной науки и техники исключительно важную роль приобрело глубокое изучение горно-технологических свойств горной породы, как среды разрушения, в процессе добычи полезных ископаемых.

В настоящее время для разрушения горных пород применяется ударное бурение, отбойка и дробление пород взрывом (единственный способ отбойки крепких пород, как при очистной выемке, так и при проходке горных выработок). Задачей взрыва является не только отрыв породы от массива, но и одновременное дробление ее на куски таких размеров, которые допускают бесперебойную погрузку и транспортировку горной массы. Без учета дробления нельзя правильно оценить энергоемкость разрушения породы в процессе бурения с динамическим приложением нагрузок. Поэтому определение дробимости различных горных пород имеет весьма важное практическое значение.

Вследствие сложности структуры и непостоянства свойств горных пород и руд оценить их сопротивляемость разрушению в настоящее время обычными методами не удастся. Рядом авторов были проведены серии специальных исследований. Так Л.И. Бароном, Ю.Т. Коняшиным, В.М. Курбатовым (ИГД им. Скочинского) разработана методика определения дробимости горных пород [1], которая основывается на выходе "мелочи" (класса минус 7мм) при дроблении образца горной породы ударной нагрузкой 800 кГсм на переоборудованном копре Каста. Показатель дробимости выражается в объемных единицах и определяется по формуле:

$$V_{\max} = \frac{P_{-7}}{\rho_k} \text{ см}^3, \quad (1)$$

где P_{-7} – масса фракции минус 7 мм, г;
 ρ_k – объемная плотность образца, г/см³.

Согласно этой методике определяли следующие свойства железистых кварцитов: объемную плотность, массовую долю железа, дробимость и влажность. В табл.1 приведены данные исследований измерения дробимости по методу ИГД им. Скочинского.

Таблица 1
Результаты измерения дробимости руд по методу ИГД им. Скочинского

Характеристика пробы	Воздушно-сухие		Влажные (насыщенные)	
	Количество измерений	Объем фракции -7+0 мм (V_{\max}), см ³	Количество измерений	Объем фракции -7+0 мм (V_{\max}), см ³
Мартитовая руда	3	33,5	2	28,8
	3	29,6	2	23,9
	3	12,0	2	10,3
	3	10,8	2	8,9
	4	3,68	2	6,2
Краскомартитовая руда	3	23,0	3	15,5
	3	11,0	2	15,0
	3	9,07	3	10,9
Красковая руда	3	15,6	3	14,6

Однако, как показали исследования, проведенные в лаборатории физико-механических свойств геологического отдела НИГРИ, лаборатории физико-механических свойств института Механобрчермет и опыт работ горнорудных предприятий Кривбасса, упомянутых характеристик для оценки выхода мартита и дробимости железистых кварцитов в массиве недостаточно. Наряду с качественной оценкой необходимо иметь механическую характеристику, учитывающую прочностные особенности рудных залежей, которые оказывают влияние на выход куска (фракция плюс 7мм). Крепость руд, как известно, оценивают коэффициентом крепости, предложенным проф. М.М. Протодьяконовым. За единицу крепости принято временное сопротивление сжатию

образцов правильной формы (со стороной равной 5см) равное $100\text{кГ}/\text{см}^2$. Определение временного сопротивления на одноосное сжатие производится в статическом режиме, при медленном нарастании нагрузки. Этот процесс не учитывает, какую кусковатость дадут испытываемые пробы и тем более не отражает реальных условий процессов дробления массива при ведении буровзрывных работ.

Учитывая вышеизложенное нами, предлагается способ оценки кусковатости рудного сырья по дробимости (Д), представляющий отношение массы фракции плюс 7мм (P_{+7}) к массе образца (P_r):

$$D = \frac{P_{+7}}{P_r} \cdot 100\% \quad (2)$$

В основу метода положен выход куска (фракция плюс 7мм) при дроблении образца изометрической формы массой 90г ударной нагрузкой 800 кГсм на переоборудованном копре Каста. По результатам проведенных исследований разработана методика оценки дробимости железистых кварцитов и определения запасов мартеновского сырья. Результаты исследований приведены в табл.2.

Таблица 2
Прочностные особенности железистых кварцитов и руд различных месторождений

Месторождение	Характеристика пробы	Дробимость (Д), %	Крепость по Протодюкову (f), баллов	Уд. работа разрушения (а), кГм/см ³
Югославия	Окисная железо-марганцевая руда	25	2	200
Шахта Валявко	Гематит-мартитовая руда	50	4	400
СевГОК	Брекчия	52	4,2	416
Шахта Валявко	Мартит (мартен)	57	4,6	456
Шахта Артем 2	Руда гематит-мартитовая (мартен)	57,7	4,7	461,6
Шахта Валявко	Руда мартитовая	59	4,8	472
ЮГОК	Дисперсный гематит-мартит	59	4,8	472
Шахта Артем 1	Дисперсно-гематитовая руда	62	5,1	496
РУ им. К.Либкнехта	Кварциты мартитовые и гематит-мартитовые	65	5,4	520
Шахта Большевик, К ₂ ^{б.жс}	Мартит	65	5,4	520
Шахта Артем 1	Дисперсно-гематитовая руда	70	6	560
Югославия	Руда мартитовая	77	7,3	616
Шахта Артем 2	Дисперсно-гематитовая	77	7,3	616
Шимановское	Мартит	78	8,5	624
ЮГОК	Аркозы, кварциты Малорудные	82	8,5	656
ЮГОК	Мартитовый кварцит	83	9	664
Шахта Гвардейская	Мартитовый кварцит	88	11	704
Стойленский ГОК	Гематит-магнетитовые кварциты	84-95 (89)	8-17 (12)	712
Стойленский ГОК	Кумингтонит-магнетитовые кварциты	85-97 (91)	10-23 (13)	728
Стойленский ГОК	Биотит-магнетитовые кварциты	88,3-99 (94)	11-39,7 (16)	752
Побужье	Малорудные и безрудные кварциты	85-96 (92)	9,5-20 (14)	736
Пролетарское (г. Кировоград)	Силикат-магнетитовые кварциты	94	16	752
Первомайское	Магнетит-силикатные кварциты	95	20	760
Еристовский ГОК	Силикат-магнетитовые кварциты	96,9	22,4	775,2

Сопоставление выхода куска для различных типов руд производили при одинаковой их крепости. Наибольший выход куска дают красковые кварциты и руды, затем краско-мартитовые кварциты. Наименьший выход куска дают мартитовые руды, что обусловлено их хрупкостью. Это обусловлено тем, что в минералогическом отношении красковые руды представляют собой тонкодисперсную смесь железистых минералов гематита, гетита и глинистого вещества (продукта разложения алюмосиликатов и карбонатов). Усредненный химический состав их следующий (в %): Fe – 56,13; SiO₂ – 12,78, Al₂O₃ – 3,12; P – 0,087; S – 0,018. Крепость не превышает 4-6 баллов (в пределах рудников им. Кирова, К.Либкнехта, Дзержинского). Мартитовые руды состоят в основном из мартита (мартит + гематит -95,7%)(Fe_{общ} – 67,68; FeO – следы; Fe₂O₃ – 96,74; SiO₂ – 1,56; H₂O – 0,7; Al₂O₃ – 0,92; п.п.п. – 0,74; мартит + гематит – 95,72; гетит – 6,98; каолинит – 1,96; кварц – 0,6.

По результатам работы построен график зависимости дробимости (по выходу куска плюс 7 мм) от крепости горных пород (рис.1).

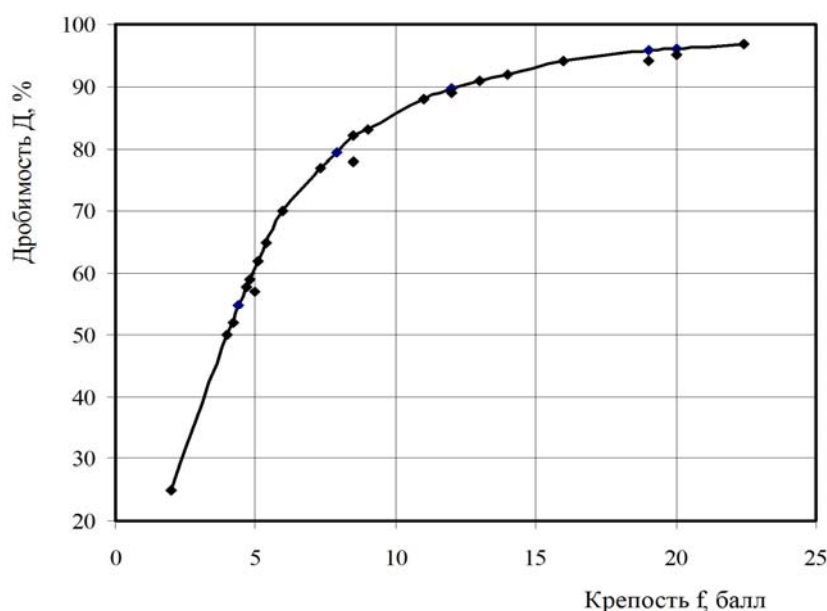


Рис.1 - Зависимость дробимости от крепости пород

Дробимость железорудных материалов является статическим результатом увеличения процента выхода куска при возрастании прочности материала. Зависимость дробимости от прочности материала проб имеет вид плавной кривой, которая асимптотически приближается к предельному значению. Анализ табл.2 и рис.1 показывает, что крепость руд оказывает большое влияние на выход куска. При крепости в интервале от 2 до 6 баллов по шкале проф. М.М. Протодяконова дробимость достигает 70 %, т.е. на единицу крепости приходится 11,6% дробимости. С увеличением крепости больше 6 баллов и дробимости выше 70%, наблюдается резкое снижение прироста выхода куска, т.е. горные породы дробятся трудно – на единицу крепости приходится единица дробимости.

Испытание слабых руд и весьма крепких массивных железистых кварцитов Кривбасса в сухом и влажном состоянии приведены в табл.3, по данным которой можно сделать заключение, что разница в прочностных особенностях руд незначительная, и составляет в среднем 3,32%.

Разработанный нами метод определения прочностных свойств железистых кварцитов широко используется в производственных условиях и научно-исследовательских учреждениях Кривбасса.

Для определения дробимости необходимо отобрать представительную пробу, одним из основных требований которые предъявляются к таким пробам, это наиболее правильное отражение физической сущности производственных процессов, которые отобранная проба характеризует.

Таким образом, разработанная методика, в отличие от методики разработанной в ИГД им. Скочинского, позволяет оценить дробимость горных пород по выходу куска в процентном

отношении, определить крепость по шкале проф. М.М.Протоdjяконова и рассчитать удельную работу разрушения.

Таблица 3

Предел прочности при сжатии в сухом и влажном состоянии массивных кварцитов
Кривбасса весьма крепких по классификации устойчивости

№ образца горной породы	Количество испытаний	Предел прочности при сжатии (σ), кГ/см ² , от-до(среднее)	Дробимость (Д), %	Крепость по Протоdjяконову (f), баллов
Воздушно-сухое состояние				
1	6	1640-1940 (1820)	95	18
2	3	2500-3200 (2870)	98	28
3	7	3460-4550 (4090)	99	40
Среднее	16	1640-4550 (2010)		
Влажное (насыщенное) состояние				
1	5	1620-1780 (1720)	96	20
2	2	2900-3200 (3050)	98	30
3	5	3470-4370 (4040)	99	40
Среднее	12	1620-4370 (2910)		

Порядок проведения испытаний

1. Отбор образцов производят с расчетом представительности их для залежи или обрабатываемого блока. Количество образцов в одной «точке» отбора должно быть не менее трех.
2. Образцы руд, подлежащие испытанию должны иметь неправильную форму. Длина, ширина и высота их должна отличаться не более чем в два раза. Средняя масса образца равна 90г±15%.
3. По отобранным образцам определяют массу образца.
4. Испытания производят на специально оборудованном копре. Энергия удара – 800 кГсм. Ударяющая поверхность ударника плоская.
5. После удара по образцу падающим грузом, продукты разрушения собирают и просеивают на сите с диаметром отверстий 7мм. Надрешетный продукт взвешивают на лабораторных весах. Критерий дробимости вычисляют по формуле (2).

В институтах Механобрчермет, НИГРИ, КГРИ предложенная методика нашла широкое практическое применение с 1966г т.к. кроме дробимости позволяет оценить крепость горных пород наряду с ГОСТ 21153.1-75.

Предложенный метод, учитывающий как качественную, так и физико-механическую характеристику мартеповских руд, позволяет объективно подойти к оценке их запасов в массиве и может быть рекомендован геологическим службам рудников для его практического использования.

По показателю дробимости наглядно определяем выход куска руды в процентах и нет необходимости определять объемную плотность куска.

Между крепостью (f) и дробимостью (Д) минерального сырья установлена статистическая зависимость для Криворожских кварцитов. Если крепость определена по ГОСТ-21153.1-75, то дробимость вычисляют по формуле:

$$D = \frac{100 \cdot f^2}{16 + f^2}, \%$$

В свою очередь, между коэффициентом крепости и удельной работой разрушения установлена статистическая зависимость следующего вида:

$$f = 1,98 \cdot a^{0,7}$$

где f – коэффициент крепости по шкале проф. Протоdjяконова, баллов;
1,98 – постоянный коэффициент для железистых кварцитов;
a – удельная работа разрушения, кГм/см³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барон Л.И., Коняшин Ю.Г., Курбатов В.М. Дробимость горных пород.-М: АН СССР., 1963.

2. Доценко В.Д., Воробьев Н.К., Корж В.П. Влияние масштабного фактора на прочностные свойства железистых кварцитов. // Новое в технологии и технике переработки минерального сырья. Сб. научн. тр.- Кривой Рог, Механобрчермет, 2010.
3. Доценко В.Д., Зима С.Н. Физические и физико-механические свойства бедных железных руд Приоскольского месторождения. // Новое в технологии и технике переработки минерального сырья. Сб. научн. тр.- Кривой Рог, Механобрчермет, 2009.
4. Зима С.Н., Доценко В.Д., Семенихина Ек.В. Особенности вещественного состава и физико-механических свойств железистых кварцитов Васиновского месторождения. // Новое в технологии и технике переработки минерального сырья. Сб. научн. тр.- Кривой Рог, Механобрчермет, 2008.
5. Тохтуев Г.В., Борисенко В.Г., Титлянов А.А. Физико-механические свойства горных пород Кривбасса. - К., 1962.
6. Методическое руководство для разведочной рудничной геологической службы месторождений Криворожского типа./Под ред. Я.Н.Белевцева.- М., 1990.