

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУД И МИНЕРАЛОВ

Тажибаев К.Т., Ташмаматов А.С.

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

Измельчение горных пород (руд) представляет собой наиболее трудоемкий процесс в технологической цепочке – выемка, переработка руд, получение конечной продукции в виде слитков металлов или других полезных компонентов. Чтобы показать, насколько актуален данный вопрос, и какие имеются возможности для повышения эффективности процесса измельчения, достаточно напомнить, что к.п.д. механического измельчения горных пород и руд (в существующих дробилках и мельницах) составляет менее 10%, то есть более 90% расходуемой энергии теряется в виде диссипации тепловых, звуковых, вибрационных энергий.

В настоящее время широко распространено два метода установления величины коэффициента крепости горных пород, характеризующих их прочность и измельчаемость [1]:

По величине временного сопротивления горной породы одноосному сжатию, т.е.

$$f = \frac{\sigma_{сж}}{100} \quad (1),$$

где f –коэффициент крепости по М.М. Протоdjяконову;

$\sigma_{сж}$ -прочность при одноосном сжатии.

Методом толчения, т.е. по отношению затраченной на дробление работы к вновь образованной поверхности по эмпирической формуле

$$f_T = \frac{20n}{l} \quad (2),$$

где n –число ударов свободно падающего груза по одной навеске;

l –высота столбика пыли в объемомере, мм;

f_T - коэффициент крепости по толчению.

Определение коэффициента крепости методом толчения основано на принципе пропорциональности работы, затрачиваемой на дробление определенной пробы горной породы, величине вновь образованной при этом поверхности. Данная закономерность была установлена Ритингером еще около ста лет назад. Согласно данному закону при дроблении какого-либо твердого материала, определенной работе, затраченной на разрушение, соответствует пропорциональная ей вновь образованная поверхность получившихся при этом отдельных кусочков материала. Если работу дробления оставлять неизменной, то естественно предположить, что величина вновь образованной поверхности для различных материалов будет меняться обратно пропорционально их крепости. Чем прочнее материал, тем меньше вновь образованная поверхность, и наоборот.

При измельчении руды разрушение происходит в сложном напряженном состоянии, при котором куски подвергаются сжатию, растяжению, сдвигу и изгибу одновременно. Следовательно, показатель прочности, полученный при дроблении методом толчения, должен представлять собой интегральную характеристику прочности, близкую к многим практическим реальным случаям нагружения горных пород (руд), особенно при их разрушении взрывом, при резании и

скалывании резцами врубовых машин и комбайнов, при измельчении в дробилках различных типов, при бурении.

Следует также отметить, то разрушение горных пород, как в дробилках, так и при определении их коэффициента крепости методом толчения, происходит от ударной нагрузки. Поэтому есть основания полагать, что указанный коэффициент в наиболее полной мере отражает измельчаемость горных пород для условия их разрушения дробилками.

Первоначально метод толчения был предложен для определения прочности углей К.И. Сысковым, согласно которому показателем прочности угля служила величина работы свободно падающего груза, отнесенная к вновь образованной поверхности измельчаемых фракций. Впоследствии М.М. Протодяконовым (младшим) была разработана упрощенная методика, значительная простота ее и сравнительно высокая представительность, возможность быстро производить определение коэффициента крепости угля непосредственно в шахте, легкость и конструктивная простота самого прибора – все эти обстоятельства привели к тому, что этот метод к настоящему времени получил широкое распространение /1/.

Данный метод, кроме определения крепости каменного угля, в настоящее время также широко применяется для определения крепости различных горных пород. Метод толчения в том виде, в каком он применяется в настоящее время для определения коэффициента крепости углей и пород заключается в следующем.

Из рудного месторождения в подземных горных выработках или на карьере отбирают такое количество горной породы или руды (обычно по одной пробе из каждого места, в котором нужно определить крепость), чтобы можно было получить 20-25 навесок по 20-50 г каждая (3-5 кусков). Навески должны состоять из кусочков размером в 20-40 мм в поперечнике, которые получают, раскалывая вручную ото-

бранные пробы. Для каждого отдельного определения используется 5 навесок. Полученные этим методом данные, отличаются сравнительно невысоким коэффициентом вариации равным в среднем 10-15%. Поэтому для получения надежной средней величины коэффициента крепости производится по 4-5 определений на одной и той же пробе породы. Для измерения коэффициента крепости этим методом разработан специальный прибор ПОК (прибор для определения крепости), состоящий из трубчатого копра, измерителя мелкой фракции. Каждая отдельная навеска дробится в стакане вертикально трубчатого копра прибора ПОК гирей весом 2,4 кг, сбрасываемой с высоты 600 мм. В случае необходимости, изменение величины работы разрушения при толчении целесообразно производить только варьированием числа ударов падающей гири по навеске.

Обычно производят в зависимости от прочности породы от 3 до 15 ударов. Вес гири и высоту ее сбрасывания следует обязательно оставлять постоянным. Получавшаяся после толчения мелочь высыпается из стакана копра на сито с отверстиями 0,5 мм, и 5 навесок, раздробленных по отдельности в копре прибора, просеивается совместно. Фракция размером менее 0,5 мм (прошедшая через сито с этим размером) собирается и насыпается в стакан объемомера с диаметром 23 мм, при помощи которого определяется высота столбика этой мелкой фракции – l . Величина коэффициента крепости исследуемой горной породы вычисляется по отношению затраченной на дробление работы к вновь образованной поверхности по эмпирической формуле М.М. Продьяконова (2).

По полученным четырем – пяти значениям коэффициента крепости определяется его среднеарифметическая величина. Исследованиями установлено, что вновь образованная при дроблении хрупкого материала поверхность складывается в основном (примерно на 90%) из поверхности мельчайших кусочков величиной менее 0,5 мм. Поэто-

му для значительного упрощения метода после дробления определяется поверхность только мелких фракций (величина высоты столбика пыли в объемомера пропорциональна вновь образованной поверхности полученных при дроблении кусочков) /1/.

В связи с тем, что энергетические характеристики процесса измельчения представляют собой не только интегральные характеристики, но также имеют большое практическое значение, нами, наряду с коэффициентом крепости руды, предложены определить показатель ее удельной энергоемкости измельчения – K . Данный показатель представляет собой отношение суммарной энергии свободно падающего груза измельчителя к объему образованной фракции размером менее 0,5 мм, т.е.

$$K = \frac{nE_i}{V} \quad (3)$$

или

$$K = \frac{n \cdot mgh}{Sl} \quad (4),$$

где n – число ударов свободно падающего груза; E_i – энергия единичного удара; V – объем фракции с размером менее 0,5 мм; m – масса свободно падающего груза; g – ускорение свободного падения; h – высота падения груза; S – площадь сечения объемомера.

Следует отметить, что данный показатель, хотя и отражает удельную объемную энергоемкость измельчения руд и минералов, но в определенной мере также отражает удельную поверхностную энергоемкость измельчения. Как указано выше, вновь образованная при дроблении хрупкого материала поверхность складывается в основном (примерно на 90%) из поверхности мельчайших кусочков величиной менее 0,5 мм. В предлагаемой методике определения показателя энергоемкости

измельчения руд и минералов в расчет берется объем фракции с размером менее 0,5 мм и суммарная энергия удара измельчителя.

Для исследований удельной энергоемкости измельчения горных пород и руд нами были подвергнуты к термической обработке пробы горных пород рудного месторождения Куран-Жайлоо, месторождений строительных материалов Кыртабылгы и карьера Ала-Арча. Результаты исследований показали, что при термической обработке в зависимости от типа руд, горных пород и режимов их термической обработки коэффициент крепости по толчению и удельная объемная энергоемкость измельчения уменьшаются в 2-3 раза по сравнению с соответствующими данными исходного состояния (табл.1). Несмотря на дополнительное энергопотребление при термообработке, за счет эффекта кратного разупрочнения общее суммарное энергопотребление на измельчение крепких руд при использовании способа термообработки снижается существенно.

Таблица 1

Значения удельной энергоемкости измельчения руды и горных пород .

Название и место отбора породы	Коэффициент крепости по толчению		Удельно-объемная энергоемкость измельчения, Дж / см ³	
	Исходное состояние	После термообработ.	Исходное состояние	После термообработ.
Песчаник серый (карьер Ала-Арча)	6,3	4,3	62	41
	5,9	5,1	61	42
	6,1	4,1	64	45
	6,7	3,9	60	47
	5,7	4,5	64	41
	6,14	4,38	62,4	43,6
среднее значение	0,35	0,41	1,6	2,2
сред. квадр. откл.	5,6	9,4	1,9	5
коэфф. вариации, %				

Гранит (карьер Кыртабылгы)	2,9	1,1	52	19
	3,1	1,2	53	21
	3,2	1,1	54	20
	3,1	1,1	55	22
	3,3	1,1	51	20
	3,12	1,12	53	20,4
среднее значение	0,132	0,04	1,4	1
сред. квадр. откл.	10	3,57	2,6	4,9
коэфф. вариации, %				
Руда колчеданистая кварц хлорит серцито- вая (месторождение Куран- Жайлоо)	12,7	5,1	172	74
	9,8	4,9	168	65
	11,6	5,3	177	76
	15,1	5,9	191	81
	12,3	5,3	177	74
	1,92	0,37	8,7	5,8
среднее значение	15,6	6,98	4,9	7,8
сред. квадр. откл.				
коэфф. вариации, %				

В образцах, отобранных из золоторудного месторождения Куран-Жайлоо, при термической обработке сильно выделяется сера, которая отрицательно влияет на извлечение золота из руды. Среднезернистый гранит из месторождения Кыртабылга после термической обработки рассыпается на зернышки по их границам, как видно из таблицы 1 существенно (2-2,5 раза) разупрочняется. Отсюда можно сделать вывод о том, что разные минералы, имея различный коэффициент теплового расширения, при нагреве обуславливают увеличение раскрываемости зерен за счет ослабления междוזеренных связей по их границам, т.е. полиминеральные руды при тепловом воздействии в большей степени разупрочняются, чем мономинеральные породы.

ВЫВОДЫ:

1. На основании метода определения коэффициента крепости горных пород по толчению предложена методика определения показателя удельной энергоемкости измельчения руд, которая представляет собой отношение суммарной энергии многократно падающего груза измельчителя к объему образованной фракции размером менее 0,5 мм,

отражающий представительное количество вновь образованной поверхности при измельчении.

2. Установлено, что при термической обработке полиминеральных руд, вследствие интенсивного изменения их структурного состояния из-за различия тепловых свойств составляющих минералов, показатель удельной энергоемкости измельчения руды, по сравнению с исходным состоянием, уменьшается в 2-2,5 раза.

3. Установлено, что в разных минералах руды, имеющих различный коэффициент теплового расширения, при нагреве происходит увеличение раскрываемости зерен за счет ослабления междוזеренных связей по их границам, т.е. полиминеральные руды при тепловом воздействии в большей степени разупрочняются, чем мономинеральные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильницкая Е.И. и др. Свойства горных пород и методы их определения.— М.: "Недра", 1969.— 452 с.