

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЕГО ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

к.т.н. Ревва В.Н., инж. Гладкая Е.В., инж. Фролов О.В. (Отделение физико-технических горных проблем ДонФТИ НАНУ)

Напряженное состояние массива горных пород разрешается в виде различных деформаций, которые в свою очередь вызывают изменение свойств материала горных пород. Распределение напряжений, связанных с развитием определённых структурных элементов земной коры, характеризует поле тектонических напряжений. Среди разнообразных деформаций, вызываемых тектоническими напряжениями, широким распространением на угольных месторождениях пользуются дизъюнктивы. Их развитие во времени представляет собой процесс, продолжающийся от зарождения трещин до окончательного оформления разрывных нарушений разной амплитуды и протяжённости.

Большое внимание при изучении тектоники угольных месторождений уделяется исследованию трещиноватости пород (угля) в зонах разрывных нарушений и изменений их физико-механических свойств как факторов, наиболее чутко реагирующих на изменение напряжённого состояния массива.

Важность изучения тектонической трещиноватости вытекает не только из значительного влияния её на ход эксплуатации, но и из возможности использовать её, как источник дополнительной информации о процессах сопровождающих образование и развитие дизъюнктивов. Пространственная и генетическая связь трещиноватости с разрывными нарушениями позволяет использовать её в качестве одного из факторов для диагностики дизъюнктивов и прогноза их элементов.

Тектонические нарушения в Донбассе сопровождаются зонами влияния определённой ширины по обе стороны от сместителя.

Многочисленные исследования зон влияния разрывных нарушений показывают значительное усиление трещиноватости угля и вмещающих пласт пород, что связано с увеличением числа трещин и возрастания интенсивности трещиноватости в пределах каждой из систем трещин. Тектоническая трещиноватость, формирующаяся в процессе развития дизъюнктива, отличается наибольшей протяжённостью и образует наиболее широкую зону влияния [1].

Из практики ведения работ известно, что наибольшее влияние на трещиноватость вмещающих пород и угля оказывает амплитуда нарушения. Такая зависимость определяется количеством энергии, затраченной на образование разрыва и деформацию горных пород.

Изучение состава и строения горных пород указывает на то, что все они имеют различного рода дефекты. С механической точки зрения трещиноватость и пористость пород играют особую роль. Распределение их в массиве, как правило, имеет стохастический характер. Поэтому любой, произвольно выделенный элементарный объём массива будет иметь случайное количество дефектов. В силу этого прочностные свойства породы этого объёма тоже будут иметь случайные значения и для их описания можно использовать законы статистической физики.

Действие различных полей напряжений приводит горные породы в предельное состояние, за которым следует разрушение. Широкое применение в горной практике получил критерий разрушения, предложенный Мором. Согласно теории прочности Мора разрушение происходит под действием касательных напряжений и носит характер сдвига по площадкам, на которых достигается предельное состояние. Однако наиболее физически обоснованное представление о механизме разрушения даёт теория трещин, которая в отличие от статистических и механических теорий предусматривает дефектность структуры и механизм разрушения в явном виде [2].

Помимо решения теории упругости о концентрации напряжений около трещин необходимо учитывать критерии прочности, по которым устанавливается момент или процесс их распространения. Критерии, которые исходят из наличия трещины в горных породах могут быть получены на основе как энергетических соображений, так и силовых.

Известно большое число разработанных к настоящему времени методов, позволяющих получать различные прочностные характеристики исследуемых пород, однако общими недостатками большинства методов являются трудоемкость работ, предварительная специальная подготовка образцов, а также невозможность испытания сильно трещиноватых пород и углей из зоны дробления.

Наиболее распространёнными, позволяющими анализировать физико-механические свойства сравнительно слабых пород и угля являются методы определения крепости пород толчением, испытания пород на одноосное сжатие и растяжение, при трёхосном нагружении, определение микротвёрдости угля и др.

Для косвенной оценки прочностных свойств углей как высоко дефектных материалов широкое применение получили методы измерения характеристик дисперсного (гранулометрического) состава первичных проб или продуктов дозированного их разруше-

ния: коэффициента крепости, разрушаемости, показателя ситового анализа, индекса дробимости, удельной поверхности порошкообразного угля и др. [3].

При изучении тектонической трещиноватости, наряду с прочностными и деформационными показателями целесообразно рассматривать трещиностойкость горных пород. Из механики разрушения Гриффитса известно, что процесс разрушения горных пород начинается с развития дефектов структуры, т.е. трещин различных размеров и ориентации. Разрушение локализуется на отдельных поверхностях отрыва и сдвига и для оценки удельной работы разрушения необходимо знать величину поверхности, на которую расходуется энергия всего деформируемого объема.

Одной из основных характеристик сопротивляемости горных пород разрушению является энергоёмкость разрушения горной породы. Эта характеристика дает возможность учитывать не только общие, но и локальные свойства образца при нагружении, в отличие от общепринятых базовых характеристик прочности и пластичности.

Изменения физико-механических свойств горных пород в зоне влияния тектонических нарушений характеризует неоднородность горного массива. В работе [4] авторами предложено использовать трещиностойкость в качестве одного из основных параметров неоднородности в оценке устойчивости кровли. Характеристика трещиностойкости рассматривается как совокупность значений одного или нескольких параметров напряженно-деформируемого состояния образца с трещиной, раскрывающейся в условиях плоской деформации (нормального отрыва).

В качестве количественных характеристик трещиностойкости горных пород применяются такие показатели как эффективная поверхностная энергия (ЭПЭ) и критические значения коэффициентов интенсивности напряжений (K_{Ic} , K_{IIc} и K_{IIIc}).

Коэффициенты K_{Ic} и K_{IIc} , характеризуют критическую интенсивность напряжений у тупиковой части трещин нормального отрыва и поперечного сдвига [4].

Применительно к горным породам, K_{Ic} определяется методами, основанными на испытании образцов при осевом или внецентренном растяжении, а также при трехточечном и четырёхточечном изгибах [5].

В работе [6] предложены методы определения K_{Ic} , основанные на внецентренном растяжении цилиндрических и плоских образцов с шевронными надрезами. В работах [5,7] авторами предлагается метод определения K_{Ic} горной породы при нагружении образца клином.

Сущность методов для определения параметра ЭПЭ заключается в измерении необратимой работы, которая затрачивается на образование новых поверхностей при разрушении материала.

Среди множества экспериментальных методик определения ЭПЭ, которые в основном созданы для металлов, для горных пород наиболее приемлемы такие как:

Метод раскалывания дисков [8], применяемый для керновых проб.

Эффективная поверхностная энергия определяется по формуле:

$$\Gamma = \frac{P^2 a^2}{\pi E H^2 D}, \quad (1)$$

где $a = \left(1 + 1,5 \frac{l_{тр}^2}{D^2}\right) \sqrt{\frac{l_{тр}}{D}}$,

P – раскалывающая нагрузка, Н, H – толщина диска, мм; D – диаметр диска, мм; $l_{тр}$ – длина трещины, мм.

В большинстве методик для определения абсолютной величины ЭПЭ используют искусственно образованную в образце одиночную трещину, от которой начинается ее разрушение.

Инженерный метод определения ЭПЭ, применяемый для штуповых проб [8].

Эффективная поверхностная энергия определяется по формуле:

$$\Gamma = \frac{\pi P^2 B^2 f(\lambda)}{E h^3 H^2}, \quad (2)$$

где B – плечо действия нагрузки P , мм;

H – толщина образца, мм;

h – высота образца, мм;

$\lambda = l_{тр}/h$ – относительная длина трещины;

$f(\lambda)$ – функция относительной длины трещины.

Наиболее точным является способ определения ЭПЭ горных пород при объемном сжатии [9]. На камнерезном станке из одного и того же куска породы изготавливаются два образца цилиндрической или кубической формы с различными геометрическими размерами (идентичные образцы). Основание образца ориентируют параллельно слоистости. Образцы разрушаются в объемном поле сжимающих напряжений на специальном объемном прессе (стабилометр), по одной и той же схеме нагружения $\sigma_1 > \sigma_2 \geq \sigma_3$, моделирующей реальные условия массива горных пород.

ЭПЭ определяют как отношение разности плотностей энергии деформирования двух образцов и разницы их удельных поверхностей ΔS_v :

$$\Gamma = \frac{\Delta W}{\Delta S_v}, \quad (3)$$

Поскольку эффективная поверхностная энергия учитывает, кроме сил упругости, параметр решетки (длину связи) ее чувстви-

тельность, как характеристики неоднородности, по сравнению с другими физико-механическими параметрами, на порядок выше. Это обуславливает целесообразность изучения изменений абсолютных величин ЭПЭ и K_c в зоне влияния тектонических нарушений.

В целом, влияние тектонической трещиноватости на устойчивость горных выработок при разработке угольных месторождений определяет широкий интерес к использованию характеристик трещиностойкости пород в качестве основных параметров, как в оценке устойчивости выработок, так и при прогнозировании состояния горного массива в зонах тектонических нарушений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разрывные нарушения угольных пластов. (по материалам шахтной геологии) Н.С. Гарбер, В.Е. Григорьев, Ю.Н. Дупак и др. -Л., Недра, 1979. 190с.
2. Алексеев А.Д., Недодаев Н.В. Предельное состояние горных пород.-Киев: Наук.думка, 1982.-200 с.
3. А.С. Поляшов, Л.И. Пимоненко. Разрушение углей в зонах шахтопластов с различными формами проявления тектоники. Сб. науч. трудов. Механика и разрушение горных пород. -К., Наукова думка, 1993.- с.130-135.
4. Алексеев А.Д., Ревва В.Н., Рязанцев Н.А. Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений. -К.: Наукова думка, 1989. -168 с.
5. Грибанов В.Г., Бобров Г.Ф. Экспресс-метод определения трещиностойкости горных пород и хрупких неметаллических материалов при статическом нагружении // ФПТПП.-1995.-№1.-С.
6. Науменко В.П., Майстренко А.А. Определение трещиностойкости хрупких неметаллических материалов // Заводская лаборатория.-1985.-№4.-С.63-70.
7. Ефимов В.П., Шер Е.Н. Метод определения трещиностойкости хрупких материалов расклиниванием // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.-1996.-№1.-С.32-37.
8. Алексеев А.Д., Чехова Г.Г. Энергия разрушения выбросоопасных песчаников //Механика разрушения горных пород. -К.: Наукова думка, 1977. -С. 156-159.
9. А.с. №1747992 МКИ G 01 N 3/00 Способ определения удельной поверхностной энергии горных пород /Алексеев А.Д., Ревва В.Н., Рязанцев Н.А., Стариков Г.П. Оpubл. 15.07.92, Бюл. №26.