

посредственно, а определяется через другие параметры породы. При этом набор таких параметров определяется целью и задачей исследований, а также удобством и возможностью измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Механика управления гетерогенным упруго-наследственным горным массивом /Зорин А.Н., Долинина Н.Н., Колесников В.Г.- Киев: Наук.думка, 1980.-288с.
2. Булат А.Ф., Курносое А.Т. Управление геомеханическими процессами при отработке угольных пластов. - Киев: Наук. думка, 1987. –200 с.
3. Зорин А.Н. Управление динамическими проявлениями горного давления.- М.: Недра, 1978.-175с.
4. Черняк И.Л., Бурчаков Ю.И. Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт. - М.: Недра, 1984.-304с.
5. Зорин А.Н., Бондаренко В.И., Мещанинов С.К. и др. К вопросу устойчивости породных обнажений // Науковий вісник НГАУ. - 2000, № 1.-С.100-101.
6. Бондаренко В.И., Зорин А.К, Мещанинов С.К., Ульянов И.В. и др. Закономерность изменения устойчивости породных обнажений при переменных нагрузках.- Открытие № 151. - Сб.научных открытий. - М.-Санкт-Петербург. - 2000. - 43с.
7. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. - М.: Наука, 1974. - 560с.
8. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. -М.: Машиностроение, 1974.-311с.
9. Сосновский Л.А. Статистическая механика усталостного разрушения. - Минск: Наука и техника, 1987. - 288с.
10. Ильюшин А.А., Победра Б.Е, Основы математической теории термовязкоупругости. - М.: Наука, 1970.
- 11.Ставрогин А.Н., Протосея А.Г. Механика деформирования и разрушения горных пород. - М.: Недра, 1992. - 224с.

УДК 539.3:620.17

Ю.А. Шевляков, Ю.А. Костандов,
А.Н. Рыжаков, И.Е. Шиповский

КВАЗИХРУПКОЕ РАЗРУШЕНИЕ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ

Разработана модель квазихрупкого разрушения при произвольных нагрузках. Получены аналитические выражения для анализа напряженно-деформированного состояния в пластине вблизи вершины стационарной трещины. Предлагаемая модель имеет строгое физическое обоснование и позволяет в рамках единой концепции описывать протекание процессов хрупкого и квазихрупкого разрушения материалов с дефектами при динамическом и статическом нагружении.

QUASY-FRAGILE DESTRUCTION AT IMPULSE LOADING

The model quasy -fragile destruction is developed at any loadings. The analytical expressions for the analysis is intense - is deformed condition in a plate near to top of a stationary crack are received. The offered model has a strict physical substantiation and allows within the framework of the uniform concept to describe course of processes fragile and quasy -fragile destruction of materials with defects at dynamic and static loading.

При изучении процесса разрушения принято рассматривать отдельно случаи квазистатического и динамического разрушения. Основанием для такого подхода служат качественные отличия в поведении дефектов типа трещин при медленном и быстром нагружении, отмеченные в [1, 2].

Однако при любом виде нагружения процесс разрушения представляет собой последовательность элементарных актов разрыва межатомных или межмо-

лекулярных связей. Если брать за основу закономерности межатомарного взаимодействия, то процессы квазистатического и динамического разрушения могут быть рассмотрены с единых позиций, причем логично предположить, что квазистатическое разрушение есть предельный случай динамического при $t \rightarrow \infty$; $\dot{\sigma}t \rightarrow \sigma^s$, где $\dot{\sigma}$ - средняя скорость нагружения за время t .

Последовательный учет закономерностей межатомарного взаимодействия при моделировании квазистатического разрушения приводит [3] к формулировке молекулярной модели трещины, в рамках которой сформулирован статический критерий разрушения:

$$t_n = \tau \quad ; \quad \tau = A_0 \exp\left(\frac{U_0 - v_A \beta}{kT} \sigma\right), \quad (1)$$

где t_n - время нагружения трещины, τ - долговечность атомарных связей, U_0 - энергия активации процесса разрушения; T - абсолютная температура; β - коэффициент перенапряжения; v_A - флуктуационный объем; σ - растягивающее напряжение приложенное к берегам трещины; A_0 - период колебания атомов. Критерий (1) можно применить для описания процесса динамического разрушения, если переменное напряжение $\sigma(t)$ в импульсе нагрузки разбить на ряд элементарных постоянных напряжений σ_i , действующих в течение следующих друг за другом малых промежутков времени $\Delta t_i (i = \overline{1, n})$. Полагая, что вероятность разрыва атомарных связей не зависит от положения промежутка Δt_i на оси времени, а только от его продолжительности, получим:

$$t_n = \tau \quad ; \quad \tau = \int_0^\tau \frac{dt}{A_0 \exp\left(\frac{U_0 - v_A \beta}{kT} \sigma(t)\right)} = 1, \quad (2)$$

Формула (2) является естественным обобщением статического критерия (1). В случае нормального отрыва:

$$\beta = \frac{K_I^d(t)}{\sqrt{2\pi\lambda_*} \sigma(t)}, \quad (3)$$

где $K_I^d(t)$ - динамический КИН, λ_* - характерное расстояние между связями, воспринимающими растягивающую нагрузку.

Использование критерия (2) предполагает решение задачи динамической механики разрушения о дифракции нагружающего импульса на трещине конечной длины. В случае нагружающего импульса произвольной формы строгое аналитическое решение получить достаточно сложно. В [4], исходя из сообра-

жений энергетического баланса и конечности скорости сброса энергии в область вершины трещины предложено эмпирическое соотношение:

$$K_I^d(t) = \left[\frac{3\pi(1+j(t))}{j(t)t} \int_0^{l_k} dl \int_0^{t_k} \sigma^2(t) dt \right]^{1/2}, \quad (4)$$

где $\sigma(t)$ - растягивающая компонента тензора напряжений в импульсе нагрузки; $j(t)$ - коэффициент динамичности нагрузки; l_k - длина участка свободной поверхности трещины, с которого энергия поступает в зону повышенных напряжений к моменту времени t ; t_k - время, по прошествии которого с малого участка поверхности трещины dl энергия не попадает в область перенапряжений.

Формулы (2) и (4) образуют систему для нахождения критических параметров процесса хрупкого динамического разрушения. При моделировании квазихрупкого разрушения необходимо учитывать возможность протекания релаксационных процессов в области вершины трещины. Вид релаксационного процесса и способ его описания зависят от типа материала. В работе проведено моделирование процессов релаксации напряжений в твердом полимере (ПММА):

$$\begin{cases} u_0(T) = U_0 + u_p H(\tau - t_p(T)) - u_{01} H(T - \frac{u_p}{k \ln(t/B)}) \\ v_A(T) = v_A - v_{A1} H(T - \frac{u_p}{k \ln(t/B)}) \end{cases}, \quad (5)$$

где u_p - энергия активации релаксационного процесса, B - период колебаний кинетической единицы около положения равновесия. Для ПММА $v_{A1} = 9,6 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3$; $u_{01} = 1,03 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$.

Система (2)-(5) решалась численным методом для случаев нагружения трещин различных длин ($L_0 = 0,02; 0,01; 0,005 \text{ м}$), нагружаемых симметричными треугольными импульсами с различными скоростями изменения нагрузки ($\sigma_m / t_0 = 1 \cdot 10^5 \div 1 \cdot 10^7 \text{ МПа} / \text{с}$) при различной температуре ($T = 300^0, 330^0 \text{ К}$). Получены данные о зависимости критического КИН, критического времени нагружения, амплитуды минимального разрушающего порогового импульса от скорости изменения нагрузки и температуры. В рамках предлагаемой модели подтверждается возможность инициирования процесса разрушения на ниспадающей ветви нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Knauss W.G., Ravi-Chandar K. Some basic problem in stress wave dominated fracture // Int. J. of Fract.- 1984.- Vol.25, № 4.- P. 247 - 262.
2. Shockey D.A., Kalthoff J.F., Homma H. Response of cracks to short pulse loading // Workshop on Dynamic Fracture. - Pasadena: California Institute of Technology. - Feb. 17-18. - 1983.

3. Бартнев Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров. - М.: Химия, 1984. - 280 с.
4. Костандов Ю.А., Рыжаков А.Н., Шиповский И.Е. Напряженно-деформированное состояние и энергетические потоки в пластине со стационарной трещиной при импульсном нагружении // Проблемы прочности. - 2000.-№4.- С. 128-139.

УДК 622.831:542.34

А.С. Вознесенский, Ю.Л. Филимонов,
Ю.В. Демчишин

РАСПОЗНАВАНИЕ СТАДИЙ ПОЛЗУЧЕСТИ КАМЕННОЙ СОЛИ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

В статті приведено результати розпізнавання стадій повзучості (затухаюча, стала, прогресуюча) кам'яної солі на основі реєстрації повного сигналу акустичної емісії в діапазоні частот до 2 МГц. Розпізнавання виконувалося за критерієм Байеса з використанням апроксимації ймовірних розподілень сумою нормальних ядер. За інформативні параметри взято амплітуди гармонік нормованих спектрів сигналів.

RECOGNITION OF CREEPINESS STAGES OF STONE SALT BY AN ACOUSTIC ISSUE METHOD

There're given in clause the results of creepiness stages recognition (fading, establishing, progressing) stone salt on the basis of complete signal registration of acoustic issue in a frequencies range up to 2 MHz. The recognition is carried out by Bayes criterion with use of approximation probability of distributions by the sum of normal nucleuses. In quality the information of parameters the harmonics amplitudes of signals normalized spectra are taken.

Метод акустической эмиссии (АЭ) в ряде случаев является единственным методом, позволяющим по наблюдениям на поверхности твердых тел и, в частности, горных пород, контролировать и прогнозировать процессы разрушения в их глубине. Но интерпретация этих результатов часто бывает сложна. Современная регистрирующая аппаратура, входящая в состав информационно-измерительных систем, позволяет расширить количество информативных параметров и тем самым повысить достоверность контроля стадий деформирования горных пород. Это необходимо для того, чтобы можно было вовремя принять меры, предотвращающие последствия от разрушений. В настоящей работе производится оценка достоверности распознавания стадий ползучести каменной соли при лабораторных испытаниях образцов цилиндрической формы размером 35x70 мм. Достоверность оценивается долей правильно распознанных сигналов, соответствующих той или иной стадии ползучести, в общем количестве сигналов АЭ.

Как известно, различают три стадии ползучести: затухающая, установившаяся и прогрессирующая. Эти стадии отчетливо видны из результатов испытаний образца каменной соли Р202, извлеченного из скважины Тульской площади, представленных на рис.1, где изображена зависимость продольных деформаций образца от времени. Он испытывался в одноосном напряженном состоянии с нагружением ступенями по 0,1 от разрушающей нагрузки. На десятой ступени образец разрушился, пройдя через все три стадии ползучести.