



УКРАЇНА

(19) UA (11) 58804 (13) A

(51) 7 G01N3/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ СТІЙКОСТІ ПОРОДНИХ ОГОЛЕНЬ

1

2

(21) 2002108538

(22) 28 10 2002

(24) 15 08 2003

(46) 15 08 2003, Бюл. № 8, 2003 р.

(72) Кияшко Юрій Іванович, Мещанінов Сергій
Кармінович, Вдовиченко Володимир Павлович(73) ІНСТИТУТ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ(57) Спосіб контролю стійкості породних оголень,
що полягає в тому, що на контрольованій ділянці
оголення бурять шпури, встановлюють у шпурах
датчики, здійснюють з їх допомогою періодичні
виміри обраного фізичного параметра, що

відрізняється тим, що попередньо визначають
компоненти напруг на контрольованій ділянці ого-
лення, відбирають з нього зразки породи, які руй-
нують в умовах, що відповідають напруженому
стану породи оголення, по ходу руйнування
здійснюють виміри фізичного параметра, визна-
чають аналітичну залежність між цими показника-
ми і часом до руйнування зразка, після чого
здійснюють виміри фізичного параметра в ого-
ленні, визначають швидкість його зміни, на
підставі чого за допомогою отриманої аналітичної
залежності здійснюють прогноз стійкості породного
оголення

Винахід відноситься до гірничовидобувної га-
лузі промисловості і будівництва

Відомий «Спосіб прогнозу руйнування прських
порід і пристрій для його здійснення» [1], «Спосіб
прогнозу руйнування прських порід і пристрій для
його здійснення» [2]

Ці способи засновані на дослідженні акустич-
ної емісії (АЕ) зразків прських порід і визначенні за
даними її аналізу напруженого стану і стійкості
породних оголень і елементів масиву

Недоліком даних способів є те, що параметри
АЕ істотно різні для різних порід, у зв'язку з чим
вірогідність такого контролю невисока. Крім того,
при іспитах тріщинуватих пересушених порід па-
разитні сигнали контрольовані АЕ можуть по
амплітуді перевищувати сигнали АЕ, що містять
корисну інформацію. Таким чином, використання
АЕ, як інформативного параметру при контролі
стійкості породних оголень, не завжди виправда-
но

Найближчим до запропонованого є спосіб кон-
тролю площі розриву прських порід [3], у якому
виміряються опори в зоні тріщини порід за допо-
могою електродів, розташовуваних у свердловинах
по обидві сторони від зони розриву порід

Запропоноване рішення має ряд недоліків. Ви-
користання опору прської породи як величини, за
значенням якої судять про ступінь неоднорідності
масиву обмежує область застосування способу і
знижує його вірогідність

Основним недоліком запропонованого способу
є те, що зміна величини контрольованого
фізичного параметру не завжди однозначно
відповідає зміні ступеня пошкодження прської по-
роди. Це обставина не дозволяє з достатньою
точністю оцінювати стійкість породних оголень

В основу винаходу поставлена задача удоско-
налення способу контролю стійкості породних ого-
лень, у якому за рахунок використання попередньо
отриманої залежності між ентропією прської поро-
ди, значенням контрольованого фізичного пара-
метра і ступенем пошкодження прської породи,
прогнозується стійкість породного оголення, у ре-
зультаті чого забезпечується підвищення точності і
вірогідності прогнозу стійкості породних оголень

Поставлена задача вирішується тим, що від-
повідно до винаходу в способі контролю стійкості
породних оголень, який полягає в тім, що на кон-
трольованій ділянці оголення бурять шпури, вста-
новлюють у шпурах датчики, роблять з їх допомо-
гою періодичні виміри обраного фізичного пара-
метра, відповідно до винаходу визначають компо-
ненти напруг на контрольованій ділянці оголення,
відбирають з нього зразки, які руйнують в умовах,
що відповідають напруженому стану породи ого-
лення, по ходу руйнування роблять виміри фізич-
ного параметра, визначають ентропію породи і
встановлюють аналітичну залежність між цими
показниками і часом до руйнування зразка, після
чого роблять виміри фізичного параметра в ого-

(13) A

(11) 58804

(19) UA

ленні, визначають швидкість його зміни, на підставі чого за допомогою отриманої аналітичної залежності здійснюють прогноз стійкості породного оголення

Таким чином, сутність винаходу полягає в тім, що попередньо відібрані зразки пріської породи, що складає оголення, руйнують у режимі циклічного навантаження-розвантаження в умовах об'ємнонапруженого стану, що відповідає напруженому стану породи в масиві (в оголенні), для чого, перед добором зразків, у шпурах методом розвантаження роблять визначення компонентів напружень. Таким чином домагаються руйнування зразків породи по такому ж фізичному механізму, який має місце при руйнуванні оголення

По ходу руйнування зразків періодично вимірюють обраний фізичний параметр і визначають ентропію зразків. Фізичний параметр може бути діелектрична проникність ξ , тангенс кута діелектричних утрат $\tan \delta$, питома електропровідність (ρ). Для неелектропровідних неводнених порід найбільш переважно вимірювати діелектричну проникність чи тангенс кута діелектричних утрат, а у випадку наявності вираженої електропровідності породи - її провідність. Вибір фізичного параметра також здійснюється на основі найбільшої простоти і точності його виміру в конкретних умовах.

Визначення ентропії зразків пріської породи при лабораторних іспитах необхідно в зв'язку з тим, що авторами встановлений однозначний взаємозв'язок між ступенем пошкодження породи і величиною її ентропії, що не обов'язково виконується у випадку, якщо у якості інформативного параметру породи береться не ентропія, а інший фізичний параметр. Тобто ентропія тут виступає в якості еталонної фізичної величини для контролю процесу руйнування породи й адекватності вибору фізичного параметра поставленій задачі. У випадку неадекватності закономірностей зміни обраного фізичного параметра та ентропії, виконують ті ж дослідження з іншим фізичним параметром. Отримана аналітична залежність по апроксимації графічної залежності фізичного параметра і його критичне значення, що відповідає початку руйнування зразка, приймають за основу здійснення прогнозу. Результати 3-4 вимірів фізичного параметру безпосередньо в шпурах, пробурених в оголенні, дозволяють визначити швидкість зміни фізичного параметра, підставивши значення якої в отриману в лабораторних умовах формулу виду

$$t = \ln \left(\frac{P_*}{P_0} \right) / V$$

де t - час до руйнування, P_0 - початкове значення фізичного параметра, P_* - його критичне значення, що відповідає початку руйнування, V - швидкість зміни фізичного параметра в оголенні, можливо обчислити час до початку руйнування породного оголення, тобто здійснити прогноз.

Для реалізації способу пропонується апаратура, що дозволяє визначати діелектричну проникність зразків пріських порід, наприклад, вимірник універсальний L, C, R E7-11. Для вимірів можуть бути використані накладні ємнісні датчики [4, 5].

Компоненти напруг в обраній ділянці породного оголення визначають за допомогою методу розвантаження [6].

Пропонований спосіб може бути реалізований таким чином. У контрольованій ділянці породного оголення бурять шпури, витягають з них зразки породи, з яких виготовляють зразки призматичної форми для лабораторних іспитів. Одночасно роблять визначення компонентів напруг у масиві за допомогою розвантаження. Роблять вибір контрольованого фізичного параметра.

Потім приступають безпосередньо до лабораторних досліджень. Перед початком руйнування зразків, роблять заміри початкових значень фізичного параметра й ентропії породи, ξ_0 і S_0 . Прийmemo, що фізичним параметром у нашому випадку є діелектрична проникність ξ . Ентропію породи визначають за методикою, описаною, наприклад, у [7, 8].

Для цього зразок навантажується на пресі до межі міцності. По ходу нагруження фіксуються значення напруги і деформації L зразка. Як тільки зразок починає руйнуватися, навантаження знімають, після чого починають наступний цикл нагруження. Так поступово зразок доводять до руйнування, одночасно фіксуючи значення σ і ξ кожного циклу. Використовуючи отримані результати, будують графічну залежність у координатах $\sigma - \xi$, по якій графічно визначають величини σ_m

(максимальна напруга циклу), ξ_m (деформація зразка, що відповідає максимальній нарузі), ξ_k (кінцева деформація зразка). Далі визначають величину ентропії зразка породи за допомогою співвідношення

$$S = \ln \frac{q}{b} + \frac{1}{q} - 1, \quad (1)$$

$$\text{де } q = \frac{\xi_k}{\xi_m} - 1, \quad b = \frac{\sigma_m(q+1)^{q+1}}{q^q}$$

Руйнування зразків роблять у режимі й умовах, якісно подібних тим, що мають місце в контрольованій ділянці масиву, для чого використовують дані, отримані методом розвантаження.

По ходу руйнування безупинно контролюють значення діелектричної проникності породи і періодично визначають величину її ентропії по описаній вище методиці. Число визначень ентропії вибирають не менш 3-4 з метою можливості встановлення аналітичної залежності між діелектричною проникністю, ентропією породи і часом до руйнування зразка. Ця залежність встановлюється шляхом складання функціонала виду

$$y = \Phi(A_1, x_{\Sigma 1}), \quad (2)$$

де x - значення фіксованого параметра, при якому робилися виміри,

A_1 - вільні параметри, що визначали форму функціонала.

За допомогою машинного рахунку мінімізується середньоквадратичне відхилення по всіх крапках.

$$x^2 = \sum_{i=1}^N \frac{y_i - \theta(A_i, x_i)}{\Delta y_i}, \quad (3)$$

де y_i - експериментальне значення функції, що підбирається,

Δy_i - експериментальна погрешність,

N - кількість експериментальних крапок

Результатом мінімізації є підбір параметрів A_i , визначаючих вид залежності (2). Використовуваний алгоритм описаний у роботі [9] і використовує метод мінеаризації функціонала квадратичного виду

Потім, на підставі 3-4 вимірів ξ породи безпосередньо в шпурах породного оголення одержують аналогічну залежність ξ від часу до руйнування, з якої визначають швидкість зміни ξ у часі

Виміри роблять через інтервали часу між якими використовується вимірювальна апаратура дозволяє зафіксувати зміни величини ξ

Таким чином ми маємо швидкості зміни ξ при руйнуванні зразків у лабораторних умовах - V_1 і швидкості зміни ξ породи в контрольованій ділянці породного оголення - V_2 . Нехай ξ змінюється в часі по ходу руйнування за законом

$$\xi = \xi_0 \exp(Vt) \quad (4)$$

Для руйнування зразків у лабораторних умовах маємо

$$\xi_* = \xi_0 \exp(V_1 t) \quad (5)$$

де ξ_* - значення діелектричної проникності породи при початку руйнування зразка

Тоді для породного оголення маємо наступну залежність

$$\xi_* = \xi_0 \exp(V_2 t), \quad (5)$$

відкпіа час до руйнування відповідно

$$t_* = \ln\left(\frac{\xi_*}{\xi_0}\right) / U_2, \quad (6)$$

що є тривалістю стійкості контрольованого породного оголення, тобто прогнозом

Джерела інформації

1 Патент РФ №2137920, кл. G 01 N 29/04. Способ прогноза разрушения горных пород и устройство для его осуществления / М.В. Курленя, Г.И. Кулаков, А.Г. Вострецов и др., Опубл. 20.09.99, Бюл. №26

2 А.С. 959008 СССР, кл. G 01 V 3/18. Способ контроля площади зоны разрыва горных пород / О.И. Чернов, Е.И. Шемякин, М.В. Курленя и др., № 3242761/18-25, Заявл. 18.12.80, Опубл. 15.09.82, Бюл. №34

4 Хасхачих А.Д. «Электромагнитные методы и средства для неразрушающего контроля в технологии резинового производства» - тем. обзор - М. ЦНИИТЭ нефтехим, 1988 - 48с

5 Матис И.Г., Клотиньш Э.Э. Накладные датчики для неразрушающего определения диэлектрических свойств полимерных материалов и механика полимеров - 1969 - №6 - С. 1098-1104

6 Методические указания по применению метода разгрузки для измерения напряжений в массивах горных пород - Ленинград, ВНИИМ - 1972 - 36с

7 Зорин А.Н., Бондаренко В.И., Мещанинов С.К. и др. К вопросу устойчивости породных обнажений // Научный вестник НГАУ, 2000, №1 - С. 100-101

8 Бондаренко В.И., Зорин А.Н., Грядущий Ю.Б. и др. Закономерность изменения устойчивости породных обнажений при периодических нагрузках - Открытие № 151 - 2000 - СПб - Сб. Научных открытий - С. 17-19

9 Статистические методы в экспериментальной физике / В.И. Дье, Д.Драйард, Р.Джеймс и др. - М. Мир, 1976 - 335с