

пользования шахтного метана для получения биомассы, пригодной для нужд сельского хозяйства и для дегазации шахт.

Литература:

1. Иванов В.М. Расширение путей использования шахтного метана // Уголь Украины. - 1979. - № 5. - с. 35 - 37.
2. Иванов В.М., Филинков Г.А., Шмазовский В.В. Об использовании шахтного метана // Уголь.-1981.-№6. - С. 14-15.
3. Петух А.П., Мякенький В.И., Малашенко Ю.Р., Курдиш И.К., Мягкий Б.И. Результаты опытно-промышленной проверки шахтного блока ферментаторов для наращивания биомассы метанооксиляющих микроорганизмов: - Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело: Науч.-техн. реф. сб./ ЦНИЭИ-уголь, 1980, №4.
4. Мякенький В.И., Демченко В.Б. Микробиологическая дегазация тупиков погашаемых штреков / Геотехническая механика: Межвед.сб.науч.трудов / Ин-т геотехн. механики НАН Украины. - Днепропетровск, 2001. - Вып.25. - с. 115 - 118.
5. Мякенький В. И., Демченко В. Б., Петух А. П. Окисление метана угольных шахт бактериями / Геотехническая механика: Межвед.сб.науч.трудов / Ин-т геотехн. механики НАН Украины. - Днепропетровск, 2002. – Вып.33 – с. 61 – 65.

УДК 539.421.5

БАЧУРІН Л. Л., БАЧУРІНА Я. П.
(КП ДонНТУ)

ПОГРІШНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ НА ТИПОВИХ ЗРАЗКАХ ГІРСЬКИХ ПОРІД З НАДРІЗАМИ

Проаналізовано особливості визначення параметрів тріщиностійкості гірських порід на зразках з штучними тріщинами (надрізами), та вплив параметрів надрізів на якість результату. Обґрунтовано – на прикладі пісковиків - можливість використання зразків без надрізів.

Способи визначення характеристик тріщиностійкості гірських порід, що використовуються на даний час, передбачають створення штучної тріщини (пропила, надрізу) у зоні дії розтягувальних напружень, що ускладнює підготовку зразка до випробування. Подібна вимога пов'язана не в останню чергу з тим, що первинно вищезгадані схеми випробувань, як і відповідні теоретичні рішення, розроблялися для визначення характеристик тріщиностійкості металів [1] і були згодом перенесені на інші матеріали.

В цілому важлива для металів вимога максимального наближення параметрів штучної тріщини до природної може виявитися некатегоричною стосовно гірських порід. Так, деякі експерименти показують, що в'язкість руйнування зразків пісковика з надрізом товщиною 0,5 мм може перевищувати таку для зразків із природною тріщиною в 1,5—2 рази [2]. У той же час є дані про те, що параметри надрізу (зокрема, загострення вершини) при достатньо малій його товщині в порівнянні з розмірами зразка практично не роблять впливу на результати експерименту [3]. Фактично, пропи́л відіграє роль концентратора напружень, а руйнування відбувається по тріщині, що стартує з вершини пропи́ла, в умовах поверхневого дефекту. При цьому напрямком тріщини може суттєво відхилитися від напрямку пропи́ла, що вносить певні поправки у вихідні дані, хоча й не впливає особливо на характер і процес руйнування зразка.

У даній роботі виконане порівняння розрахункових коефіцієнтів інтенсивності напружень, отриманих по аналітичних вираженнях (для зразка зі штучною тріщиною) і за результатами моделювання зразка з надрізом, покликаним імітувати тріщину.

Завдання розглянемо на прикладі одного з найпоширеніших типів зразків – призматичної балки, що навантажується по трьохточковій схемі (передбачений міждержавними стандартами для металів і бетонів [1, 4, 5]). Схема навантажування наведена на рис. 1.

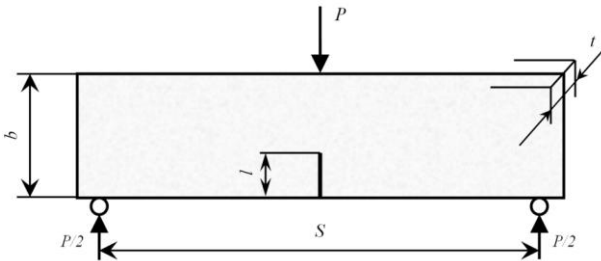


Рис. 1. Схема навантажування зразка призматичної форми із центральним боковим розрізом по трьохточковій схемі.

Стандарти передбачають наступні вимоги до співвідношення геометричних розмірів: довжина $S = (4...8) b$, де b – висота зразка; товщина t – не більше b і не менше 1 см. Один із ключових геометричних параметрів – це відношення довжини розрізу й висоти зразка: $\lambda = l/b$.

Для $0 \leq \lambda \leq 1$ коефіцієнт інтенсивності напружень K_I обчислюється по формулі [6]:

$$K_I = \frac{6P\sqrt{\pi l}}{tb} \cdot \left[\frac{1,99 - \lambda(1-\lambda)(2,15 - 3,93\lambda + 2,7\lambda^2)}{(1+2\lambda)(1-\lambda)^{1,5}} \right], \quad (1)$$

де P – руйнуюче зусилля, H .

Формула (1) отримана з теоретичного розв'язання задачі про навантажування смуги кінцевої довжини з поперечною крайовою тріщиною при трьохточковому вигині. У металевих зразках у той або інший спосіб формується саме тріщина; у бетонах теж можливе одержання тріщини на стадії виготовлення зразка. У той же час стандартом [5] передбачається можливість виконання тріщини шляхом пропила із шириною не більше $0,5d$, де d – максимальний діаметр зерна заповнювача, і не більше 2 мм. Відносно бетонів, на які поширюється згаданий стандарт, дана вимога цілком правомірна, оскільки пропил зазначеної ширини буде менше структурних елементів матеріалу й у певному наближенні може розглядатися як еквівалент тріщини. Якщо ж мова йде про гірські породи дрібнозернистої структури (наприклад, пісковики), то умова $\delta \leq 0,5d$ у багатьох випадках буде нездійсненною через суто технічні обмеження: шліфувальні й алмазні диски, використовувані при виконанні надрізів у зразках гірських порід, мають мінімальну товщину 0,5...0,6 мм, а розмір зерен пісковика – від 0,1 мм до 2 мм. Характерний приклад наведений на рис. 2.

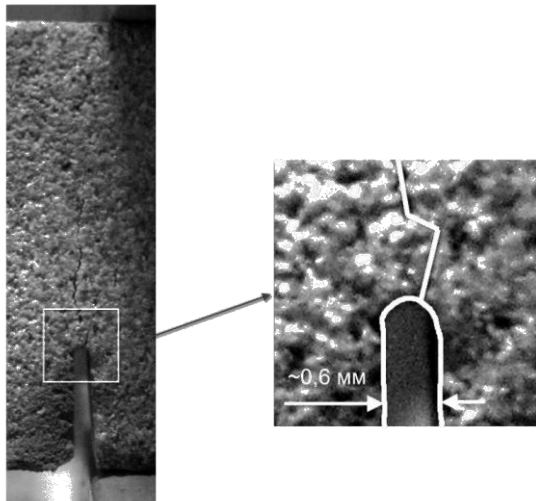


Рис. 2. Фотографія зразка пісковика, що пройшов навантажування по трьохточковій схемі; праворуч – збільшений фрагмент краю пропила із тріщиною руйнування.

Для порівняння з вищенаведеним теоретичним розв'язанням виконане моделювання утворення тріщини з вершини пропила в зразку методом кінцевих елементів (KE). Розрахунки здійснювалися з використанням програмного комплексу Franc2D/CASCA – двовимірного симулятора поширення тріщин у

твердих тілах, який дозволяє виконувати як аналіз напружено-деформованого стану зразка, так і обчислення параметрів руйнування.

Схема розбивки на квадратичні ізопараметричні кінцеві елементи наведена на рис. 3.

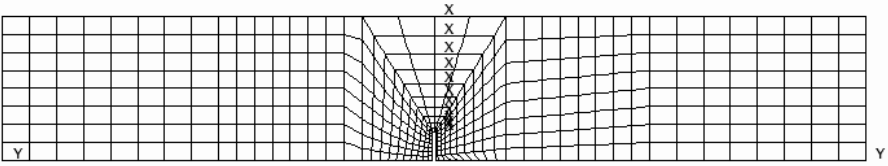


Рис. 3. Сітка кінцевих елементів.

Моделювався зразок з пісковика з модулем пружності $E = 10$ ГПа й коефіцієнтом Пуассона $\nu = 0,15$ наступних розмірів: $t = 8$ мм, $b = 25$ мм, $S = 15$ див. Довжина пропила $l_f = 5$ мм. Враховуючи той факт, що руйнування зразка починається з розвитку й злиття природних мікротріщин, другий етап моделювання передбачав включення умовної тріщини у вершини пропила довжиною 1 мм (еквівалентно середньому розміру дефектів у зразку), з відповідним згущенням сітки кінцевих елементів (рис. 4).

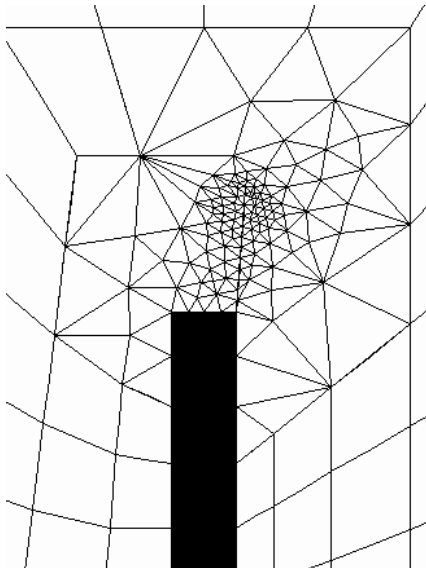


Рис. 4. Сітка кінцевих елементів навколо вершини пропила й мікротріщини.

При навантаженні силою $P = 49$ Н отриманий наступний розподіл максимальних головних і ефективних напружень (рис. 5). Помітна більш приплю-

щена форма ділянок концентрації напружень у вершини пропила (у порівнянні з типовими рішеннями для тріщинного дефекту).

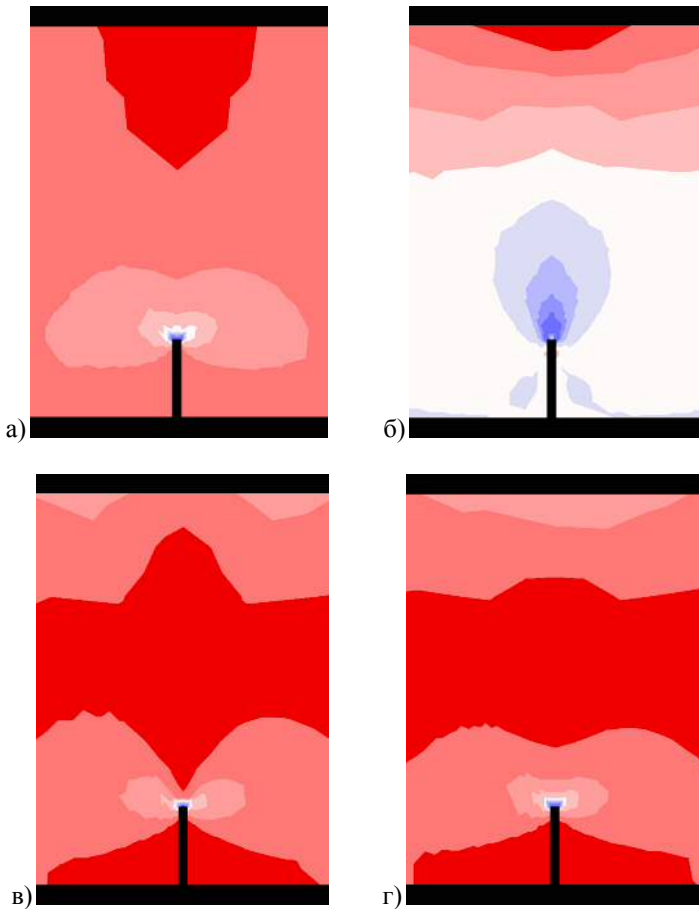


Рис. 5. Розподіл на околицях пропила головних σ_1 , σ_3 , максимальних дотичних τ_{\max} і ефективних σ_{eff} напружень (відповідно а, б, в и г).

Програмним забезпеченням передбачені розрахунки коефіцієнтів інтенсивності напружень K_I і K_{II} через J-Інтеграл. Обчислення проводяться на другому етапі, після включення в модель мікротріщини. Задаючи ряд значень навантаження P , одержуємо залежність K_I від руйнуючого зусилля. Порівняльні дані відображені на рис. 6.

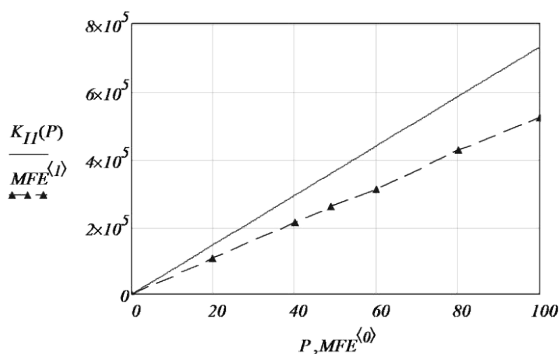


Рис. 6. Залежність коефіцієнта інтенсивності напружень від величини навантаження P : суцільна лінія – теоретична, для зразка із тріщиною; пунктирна лінія – по даним KE-моделі для зразка із пропилом і зародковою тріщиною.

Виводи.

Результати моделювання показали, що розмірні особливості «штучної тріщини», сформованої в зразках дрібнозернистих гірських порід, впливають на точність розрахункових характеристик тріщиностійкості. Зокрема, використання аналітичних залежностей, що розглядають у якості параметра ідеальну тріщину, призводить до завищення коефіцієнта інтенсивності напружень і інших залежних параметрів.

У цілому, враховуючи первісно дефектну структуру гірських порід, знаючи параметри розподілу природних дефектів у масиві й (або) на поверхні зразка, можна одержати дані для визначення характеристик тріщиностійкості без формування пропилів. Однак, це можливо тільки для зразків з неорієнтованим руйнуванням (напр., диск під внутрішнім тиском [7]), але для лінійних зразків, подібних розглянутому в даній роботі, точка руйнування відіграє визначну роль, тому необхідне відповідне внесення поправок у наявні співвідношення.

Бібліографія:

1. ASTM Standards, Vol. 31, May 1969.
2. Старосельский А. В., Чирков С. Е., Шоболова Л. П., Эдельштейн О. А. О влиянии ПАВ на трещиностойкость крепких горных пород // ФТПРПИ. – 1990. - №5. – С. 32-34.
3. Summers D. A., Corwine J. and Chen Li-king. A comparison of methods available for the determination of surface energy: Preprint / <http://www.umr.edu/~rockmech/faculty/papers/paper6.pdf>.
4. ГОСТ 25.506-85. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – Введ. 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 38 с.
5. ГОСТ 29.167-91. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – Введ. 01.07.92. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 17 с.

6. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений: В 2-х томах. Т. 1: Пер. с англ. / Под ред. Ю. Мураками. – М.: Мир, 1990. – 448 с.
7. Пат. 39916 Україна, МПК⁷ G01N 3/00. Спосіб визначення тріщиностійкості гірських порід / Бачурін Л. Л., Ревва В. М., Кольчик Є. І.; заявник і патентовласник Інститут фізики гірничих процесів НАН України. – Опубл. 25.03.2009, бюл. № 6.

УДК 622.83

КОДУНОВ Б.А.
(КИИ ДонНТУ)

МАКСИМАЛЬНЫЕ ОСЕДАНИЯ ПРИ СДВИЖЕНИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ИХ СВЯЗЬ С РАЗМЕРАМИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА И ГЛУБИНОЙ РАЗРАБОТКИ

За допомогою комп'ютерного моделювання процесу зрушення земної поверхні під впливом підземних гірничих робіт розглянуто залежність максимальних осідань від розмірів виробленого простору та глибини залягання вугільного пласта для умов Донбасу.

В процессе сдвижения пород под влиянием подземных разработок происходит их перемещение, в результате чего на земной поверхности образуется мульда сдвижения, одним из основных параметров которой является максимальное оседание. С данным параметром связаны все сдвижения и деформации в мульде сдвижения. Для выбора мер охраны при подработке объектов, находящихся на земной поверхности или в массиве горных пород необходимо знать величину сдвижений и деформаций. Поэтому установление закономерностей процесса сдвижения, совершенствование методов прогнозирования ожидаемых сдвижений и деформаций является актуальной научной и практической задачей.

Официальным методом прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности в нашей стране является метод типовых кривых, основанный на использовании данных натуральных измерений, по которым строятся кривые сдвижений и деформаций [1]. При всех своих достоинствах, среди которых главное – использование фактических данных, полученных в результате проведения большого количества наблюдений за процессом сдвижения, данный метод не свободен и от недостатков, которые вызваны, в основном, необходимостью упрощения и обобщения методов расчета сдвижений и деформаций, что часто препятствует получению достоверной информации применительно к конкретным, часто нетипичным условиям. В этом случае вполне оправдано применение метода компьютерного моделирования при условии, что он учитывает всё многообразие факторов, влияющих на процесс сдвижения и подтверждается данными натуральных измерений.