

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

UDC 622.235

Долударєва Яна Станіславівна

кандидат технічних наук, доцент, викладач, спеціаліст вищої

категорії циклової комісії загальнотехнічних дисципліни

Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету

внутрішніх справ, Україна

Долударєв Віталій Миколайович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування

Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, Україна

**ВПЛИВ ІМПУЛЬСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА МІЦНІСТЬ
ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ**

***Анотація.** Вплив імпульсного навантаження на гірські породи призводить до зміни їх фізико-механічних характеристик. Зміна міцності шматків гірської маси в порівнянні з міцністю масиву становить значний інтерес з точки зору вибору оптимального способу впливу на гірську породу. При видобутку будівельних матеріалів і штучного каменю виникає проблема розміщення відбитої вибухом окремоті, при цьому мікротріщинуватість, що утворюється від навантаження, негативно впливає на якість готової продукції.*

***Ключові слова:** міцність, розміщення, мікротріщина, тріщина, масив, поздовжня хвиля, область руйнування.*

Вплив вибуху на гірські породи не обмежується тільки дробленням на окремоті, а призводить також до зміни їх фізико-механічних властивостей [1], зокрема, змінюється міцність шматків відбитої гірської маси в порівнянні з міцністю зразків з масиву. Останнє явище становить значний інтерес з точки зору вибору оптимального ступеня вибухового впливу в залежності від подальших технологічних процесів переробки мінеральної сировини (дроблення, механічна

обробка). Найбільш важливим є таке дослідження для міцних гірських порід, що мають типові мікроструктури. Проблема розміщення відбитої вибухом окремої виникає також при видобутку будівельних матеріалів і штучного каменю, причому мікротріщинуватість, що розвивається, негативно впливає на якість виробленої продукції.

Руйнування твердого середовища вибухом аж до поділу її на частини (блоки) включає накопичення, розвиток і змикання тріщин різного розміру. Початкова стадія цього процесу пов'язана з ростом концентрації мікротріщин. В силу просторових і часових флуктуацій накопичення мікротріщин перехід до їх злиття з утворенням більш великих тріщин має локальний і імовірнісний характер. Тому при даному напруженому стані і режимі навантаження середня концентрація мікротріщин, при якій починається перехід до макротріщини, буває різна. У досить малому обсязі накопичення мікротріщин може бути рівномірним аж до значень середньої концентрації n , близьких до критичного $n_{кр}$ [2], якому відповідав би перехід до лавиноподібного накопичення і злиття мікротріщин. З іншого боку в досить великому обсязі руйнування може перейти в стадію макророзтріскування вже при малій середній концентрації мікротріщин. У будь-якому випадку середня концентрація мікротріщин є статистичним параметром імовірнісного процесу переходу від мікро- до макротріщини.

Дія вибуху проявляється не тільки в дробленні і руйнуванні гірських порід поблизу заряду, а й у виникненні області розміщення, зумовленої розвитком мікропорушеності. Відзначається зміна властивостей середовища і зменшення швидкості поширення поздовжніх хвиль у міру наближення до центру вибуху.

Проведені на зразках пісковика, мармуру і граніту експериментальні дослідження розміцнюючої дії вибуху [3] показали, що розміри зони передруйнування досягають 200 радіусів заряду. Виділено три якісні особливості поведінки породи після вибухового впливу:

- 1) зростання швидкості поздовжніх хвиль в породі з віддаленням від центру вибуху;

2) кореляція змін швидкості поздовжніх хвиль в зразках пісковика зі зміною концентрації зерен кварцу з грануляційною мозаїчністю;

3) зростання швидкості поздовжніх хвиль в породі з плином часу, що свідчить про те, що в зоні вибухового передруйнування відбуваються зміни структури, що мають оборотний характер. Швидкість «самолікування» зразків залежить від ступеня порушення породи.

Для оцінки вибухового знеміцнення порід на різній відстані від заряду (R) в роботі [4] пропонується використовувати показник структурного ослаблення $\lambda(R)$. За ступенем і характером порушень під час вибуху в гірських породах виділяються зона руйнувань $\lambda(R) = 1$, зона передруйнування $0 < \lambda(R) < 1$ і пружна зона $\lambda(R) = 0$. Радіус зони передруйнування лінійно збільшується зі зростанням енергії заряду.

У зоні передруйнування умова руйнування за граничним розтягуючим напруженням замінюється умовою рівноваги мікротріщин. Розвиток мікротріщин відбувається, якщо напруження на фронті вибухової хвилі $\sigma(R)$ в даній точці перевищують певний пороговий рівень

$$\sigma(R) \geq \sigma_n \approx \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{K_{1C}}{\sqrt{l_0}},$$

де K_{1C} - модуль зчеплення, Па*м^{1/2};

σ_n - порогове напруження росту дефектів, Па;

l_0 - характерний розмір структурних дефектів породи, м.

Якщо припустити, що при виконанні цієї умови відбувається зростання розмірів мікротріщин із середньою швидкістю v_{cp} , рівною

$$v_{cp} = \frac{\sigma(R) - \sigma_n}{4\eta} \cdot l_0,$$

де η - в'язкість породи, то це дає можливість оцінити зміну розміру за час дії вибухового імпульсу Δt .

Зміна розміру мікротріщин за час дії вибухового імпульсу Δt дорівнюватиме

$$l = l_0 + v_{cp} \cdot \Delta t.$$

Останнім часом при розгляді процесів знеміцнення при вибуху розвивається новий підхід, який полягає у використанні результатів досліджень рівня енергонасиченості різних зон відбиваної частини масиву для обґрунтування раціональних параметрів розташування основних і додаткових зарядів ВВ при проектуванні масових вибухів у кар'єрах. У роботах [5-7] досліджують процеси розміцнюючої і руйнуючої дії вибуху в твердих середовищах, залишкову міцність гірських порід при неруйнівному вибуховому і механічному впливах; інтенсивність і рівномірність дроблення моделей і масивів гірських порід в залежності від параметрів розташування додаткових і основних зарядів вибухових речовин. Автор [8; 9] експериментально визначає залишкову міцність зразків, що піддавалися неруйнуючим імпульсним впливам, яка дозволяє без принципних труднощів оцінювати коефіцієнт передачі енергії удару і вибуху в масив гірської породи. Оцінка коефіцієнту передачі загальної енергії заряду показує, що витрати енергії на зіткнення окремих частин блокових моделей гірських порід не перевищують 0,5%, а втрата енергії хвилі напружень навіть при переході через щільно зімкнуту тріщину можуть досягати 50%.

У порівнянні з механічним дробленням руйнування під час вибуху характеризується на порядок більшою часткою енергії, що витрачається на розміцнення породи. Вибухове руйнування відбувається за рахунок розвитку довгих тріщин під дією розтягуючих напружень і розклинюючої дії продуктів детонації. Місця виникнення тріщин не випадкові. Вони, як правило, беруть початок від макродефектів в структурі породи. Крім того, при вибуховому впливі відбувається зародження тріщин, які в подальшому не розвиваються, але впливають на міцність одержуваної сировини.

Для впливу на ступінь знеміцнення гірської породи в процесі вибуху необхідно досліджувати зниження міцносних властивостей окремих фрагментів, а також зміну цих характеристик з плином часу після вибухового навантаження.

Список джерел:

1. Калюжна В.В. Дослідження впливу фізико-технічних властивостей гірських порід на продуктивність видобутку блочного каменю / В.В. Калюжна // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво": [Зб. наук. праць / наук. ред. Воробйов В.Д.]. – К.: НТУУ "КПІ": ЗАТ "Техновибух", 1999. - Вип. 1. - С. 38-47.
2. Факторы, влияющие на прочность породного массива: тезисы докл. междунар. студ. научно-техн. конф. кафедры [«Строительство шахт и подземных сооружений»] / Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений; А.Н. Шашенко, А.В. Просунько – Донецк: Министерство образования и науки Украины; Донецкий национальный техн. ун-т., 2003. - С. 43 – 44.
3. Бычков Г.В. Буровзрывной способ добычи монолитов и блоков природного камня / Г.В. Бычков, Л.В. Кокунина, С.В. Казаков // Горный журнал. – 2008. - № 1. – С. 45-49.
4. Кочанов А.Н. Закономерности взрывного разупрочнения горных пород / А.Н. Кочанов // Соверш. буровзрывных работ в нар. хоз-ве: Всес. 10 Юбил. науч. – техн. совещ., Губкин, 27 – 29 сент. 1988: Тез. Докл. - М., – 1988. – 107 с.
5. Комир В.М. Методика исследований степени и энергоемкости разупрочнения объемных моделей из горных пород при взрывных неразрушающих нагрузках / В.М. Комир, И.Э. Пеева // Науковий вісник Національного гірничого університету: Науково-технічний журнал. - Дніпропетровськ, 2004. – № 11. – С. 7 – 10.
6. Исследование интенсивности дробления моделирующих материалов и горных пород при использовании дополнительных зарядов / В.В. Костин, И.Э. Пеева, А.М. Пеев, С.М. Мыслицкий, В.А. Сокуренок // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. - Кременчук: КДПУ, 2007. - Вип. 5/2007(46) частина 1. – С. 109 - 112.
7. Методика оценки механического эффекта при импульсных нагрузках / В.М. Комир, В.В. Блинков, С.М. Мыслицкий, И.Э. Пеева, В.А. Сокуренок // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. - Кременчук: КДПУ, 2006. - Вип. 1/2006(36). - С. 81 - 83.

8. Влияние импульсных неразрушающих нагрузок на изменение прочностных характеристик горных пород / В.М. Комир, Я.С. Долударева, И.Э. Пеева, С.М. Мыслицкий // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. - Кременчук: КДПУ, 2004. - Вип. 4/2004(27). – С. 135 – 138.
9. Влияние взрывного воздействия на прочностные свойства горных пород / В.М. Комир, Я.С. Долударева, И.Э. Пеева, С.М. Мыслицкий // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. - Кременчук: КДПУ, 2003. - Вип. 6(23). – С. 120 – 122.