

УПРАВЛІННЯ НАПРУЖЕНИМ СТАНОМ ГІРСЬКОГО МАСИВУ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБЕНЮ

К. К. Ткачук

Доктор технічних наук, доцент*

E-mail: ttkktt297@ukr.net

В. П. Савчук

Здобувач*

*Кафедра інженерної екології

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 47, м. Київ, Україна, 03056

E-mail: ecoiee@ukr.net

Вирішена актуальна науково-практична задача щодо підвищення ефективності вибухової підготовки гірської маси для отримання високоякісного кубовидного щебеню, на основі управління напруженим станом масиву, яке полягає у створенні керованої структури поля напружень з переважанням напруження розтягу та зсуву, і реалізується шляхом використання зустрічно спрямованого розвитку вибуху

Ключові слова: вибухова речовина, підривні роботи, гірська порода, напруження, щебінь

Решена актуальная научно-практическая задача по повышению эффективности взрывной подготовки горной массы с целью получения высококачественного кубовидного щебня с помощью управления напряженным состоянием массива, которое заключается в создании управляемой структуры поля напряжений с преобладанием напряжений растяжения и сдвига, и реализуется путем использования встречно направленного развития взрыва

Ключевые слова: взрывчатое вещество, взрывные работы, горная порода, напряжение, щебень

1. Вступ

На сучасному етапі розвитку промисловості України потреба у будівельній сировині постійно зростає. Особливо це стосується виробництва щебеню кубовидної форми, який використовується для будівництва відповідальних споруджень різного призначення: злітні смуги аеродромів, автотраси сучасного рівня, баласт швидкісних залізниць, будівництво стадіонів, мостів і інших споруд.

В Україні є практично необмежені запаси міцних скельних порід магматичного походження для задоволення потреб промисловості у високоякісному щебені кубовидної форми.

Враховуючи високу міцність початкового матеріалу для приготування щебеню кубовидної форми, єдиним нині способом підготовки сировини до його подальшої механічної переробки є комплекс буропідривних робіт. Напружений стан масиву, його фізико-механічні властивості визначають характер руйнування. Управляючи напруженим станом гірського масиву, можна досягати зміни його деформаційних та міцнісних характеристик, що дає можливість ефективно управляти вибухом у технологічних процесах.

Однак на сучасному етапі немає переконливого та достатньо точного розрахунку напруженого стану системи в об'ємі при вибуху, тому різні автори отримують часом суперечливі результати. Складність визначення напруженого стану при вибуху в середовищі пов'язана не лише з характером передачі енергії

(наприклад, ударною хвилею або поршнеvim тиском газів), але і з суттєвим перерозподілом поля напружень в об'ємі при розвитку тріщин.

2. Аналіз літературних джерел

Аналіз робіт відомих вітчизняних та зарубіжних учених з даного напрямку [1 – 3] показав, що до теперішнього часу найбільш ефективним способом отримання щебеню кубовидної форми, є використання конусно-інерційних дробарок. Що стосується підвищення якості вибухового дроблення гірської маси і зниження міцності підірваного матеріалу, то доцільно провести комплексне дослідження процесів вибухового руйнування на основі сучасних досягнень в області вибухової справи [3 – 10]. Вирішення цієї задачі дозволить оптимізувати процеси підготовки і переробки гірської маси для підвищення ефективності процесів, пов'язаних з отриманням високоякісного щебеню різних фракцій.

Виходячи з проведеного аналізу наукових та практичних досягнень і виявлених при цьому недоліків по даному напрямку, сформульована мета дослідження.

3. Мета дослідження

Удосконалення технології вибухового відбою гірських порід за допомогою управління напруженим

станом масиву з метою отримання високоякісного кубовидного щебеню.

4. Результати досліджень

Задача оптимального управління вибухом полягала у виборі такого способу розміщення зарядів в масиві і режиму їх дії в часі, при якому б задовільнялися певні технічні і економічні критерії. Як математичний запис досліджуваних процесів прийнята система рівнянь динаміки однорідного ізотропного пружного тіла.

Основоположною є передумова, що структура лінійної деформації зумовлює в кореляційному сенсі параметри дроблення. В якості оптимальних розглянуто схеми підривання, що забезпечують оптимальність просторово-часової структури поля напружень. Показником останніх є критеріальні функції, що набувають екстремальних значень у разі, коли забезпечений достатній вихід енергії деформації і рівномірність її розподілу в об'ємі масиву і за часом. Пошук оптимальних схем підривання здійснювався як пошук точок екстремуму цільової функції в просторі регульованих параметрів. Залежно від складності завдання, точніше – керованої системи, доцільні і передбачені різні схеми пошуку – від простого перебору до випадкового крокового пошуку.

При розробці методики управління дією вибуху шляхом варіації схем ініціювання постановка задачі конкретизувалася таким чином.

Лінійні заряди розглядалися як сума елементарних зарядів (рис. 1).

Для спільності рішення передбачалося, що елементарні заряди послідовно сполучені один з одним і будь-який з них безпосередньо може бути з'єднаний з блоком управління, конкретна структура якого не розглядалася.

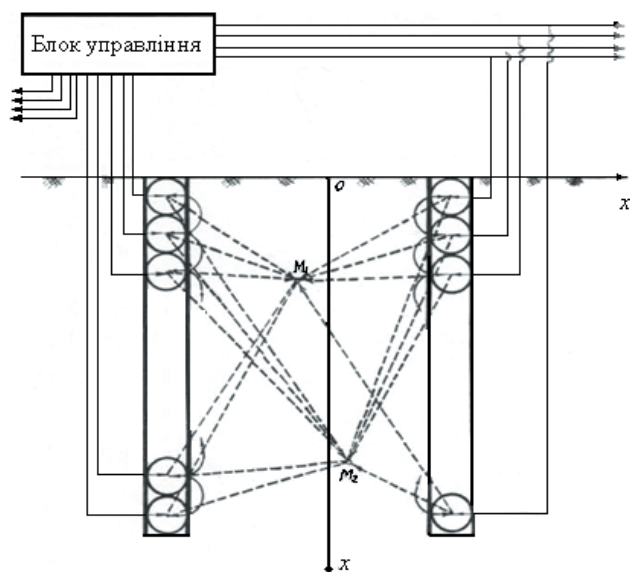


Рис. 1. Принципова схема дослідження регулюючого впливу способу ініціювання свердловинних зарядів на результат вибуху

Для встановлення закономірностей дроблення гірських порід дією вибуху при різних схемах розташування свердловинних зарядів, а також для перевірки деяких положень, встановлених при пошуку оптимальної структури поля напружень в масиві, на математичних моделях були проведені лабораторні дослідження впливу розташування свердловинних зарядів на процеси руйнування моделей, що імітували довкілля.

Дотримання основних критеріїв подібності при проведенні лабораторних досліджень впливу схем розташування свердловинних зарядів на процеси руйнування гірських порід в проведених дослідах, досягалося виконанням наступних умов:

- використанням для виготовлення моделей матеріалів з акустичною жорсткістю, близькою до акустичної жорсткості досліджуваних порід;
- застосуванням вибухових речовин (ВР) для формування зарядів в моделі і в природі з однаковою швидкістю детонації;
- витримкою геометричних і тимчасових масштабів моделювання.

Досліди проводилися на моделях з матеріалів з акустичною жорсткістю, що відповідає характеристикам руд і порід, найбільш наближених до кварциту.

Для виготовлення моделі використовувалася піщано-цементна суміш, яка готувалася з цементу марки 400 і крупнозернистого піску. Для заряджання “свердловин” використовувалася 30-процентна суміш тена з амонітом № 6 ЖВ, а також відрізки детонуючого шнура.

Аналіз основних результатів вибухів (табл. 1) показав перевагу таких схем підривання і конструкцій зарядів, при яких забезпечуються умови створення в масиві максимальних розтягуючих зусиль (і напружень) в трьох взаємно перпендикулярних площинах, як це має місце, наприклад, при зустрічно-спрямованому підриванні не лише окремих зарядів, але і рядів свердловин, коли окремі заряди різні по потужності й за іншими характеристиками вздовж осі свердловини.

Встановлено, що висока ефективність різноспрямованого ініціювання зарядів, яка дозволяє створити в масиві складно-напружений стан з переважанням напружень розтягу та зсуву, сприяє як дробленню, так і знеміцненню підірваної гірської маси, що особливо важливо при подальшому механічному дробленні з метою виготовлення кубовидного щебеню.

Аналіз дослідження впливу режимів (схем) підривання свердловинних зарядів на процеси руйнування піщано-цементних блоків, який дозволив оцінити результати вибуху, показав, що в тих випадках, коли забезпечуються умови створення в масиві рівномірного розподілу максимальних зусиль і напружень розтягу в трьох взаємно перпендикулярних площинах, досягається максимальне дроблення цього масиву при найбільш рівномірному розподілі гранулометричного складу підірваної гірської маси.

У результаті проведених промислових вибухів з різноспрямованим ініціюванням зарядів встановлена їх висока ефективність, яка полягає у високоякісно-

му дробленні при істотному (25-30%) зменшенні шматків гірської маси, що особливо важливо при механічній переробці з метою отримання кубовидного щебеню.

2. Економічний ефект від впровадження результатів дослідження, при використанні подрібнювального комплексу КІД, складає близько 4000 грн за 1 годину роботи.

Таблиця 1

Усереднені показники вибуху різних типів зарядів при різних схемах підривання (однорядне розташування свердловин)

Показники вибухів	Тип заряду	
	з однорідною конструкцією	з неоднорідною конструкцією
Питома витрата ВР на відбій, г/кг	2,39	1,89
Загальна площа знову утвореної поверхні, м ²	2,08	2,62
Питомі витрати енергії ВР, ккал/м ²	15,37	12,29
Загальний вихід негабариту, %	73,40	64,40
Середній діаметр шматка, мм	17,80	15,20
Вихід фракцій, кг/%: 0-5мм	0,65/7,0	0,90/8,9
6-10 мм	1,28/13,8	1,80/17,8
11-15 мм	1,37/14,8	2,30/22,8
16-20 мм	3,40/36,7	3,40/33,6
40 мм	2,56/27,7	1,70/16,9

Література

1. Буткевич Г.Р. Промышленность нерудных строительных материалов: достигнутое и перспективы [Текст] / Г.Р. Буткевич // Строительные материалы. – 2003. – № 11. – С. 2-5.
2. Рапопорт, Е.Л. Повышение качества щебня: проблемы и задачи [Текст] / Е.Л. Рапопорт, И.Н. Неретин // Строительные ведомости. – 2006. – № 6. – С. 5-8.
3. Буткевич, Г.Р. Современное состояние горной отрасли промышленности строительных материалов США [Текст] / Г.Р. Буткевич // Строительные материалы. – 2003. – № 4. – С. 31-33.
4. Mathematical simulation of explosion deformation of cylinder shells [Текст] / P.Z. Lugovoi, V.F. Meish, B.P. Rybakin, G.V. Secieru // The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics Romanian Academy. – 2005. – P. 58-63.
5. Numerical Simulation of the Dynamics of a Reinforced Shell Subject to Nonstationary Load [Текст] / P.Z. Lugovoi, V.F. Meish, B.P. Rybakin, G.V. Secieru // International Applied Mechanics. – 2008. – №7. – P. 788-793.
6. Rybakin, B.P. Computer Modeling of Dynamic Processes [Текст] / B.P. Rybakin // CSJM. – 2000. – №2 (23). – P. 150-180.
7. Elastoviscoplastic behavior of ribbed cylindrical shells under nonstationary loading [Текст] / P.Z. Lugovoi, V.F. Meish, N.S. Remez, G.V. Secieru // Archives of civil engineering. – 2000. – № 3. – P. 383-391.
8. Large dynamic deformation of beams, rings, plates and shells [Текст] / E.A. Witmer, H.A. Balmer, J.W. Leech, T.H.H. Pian // AIAA Journ. – 1963. – № 8. – P. 1848-1857.
9. Baron, R. Threshold values for blast damage assessment [Текст] / R. Baron // Tunnels and Tunnelling. – 1994. – № 5. – P. 46-47.
10. Chudek, M. Geomechanica [Текст] / M. Chudek. – Polska, Clivice: Wydawnictwo Politechniku Slaskiej, 2002. – 637 p.

5. Висновки

1. Встановлено, що швидкість механічних коливань і енергія, яка переноситься ударною хвилею, істотно збільшуються у напрямку розвитку вибуху ряду свердловинних зарядів. При зустрічному розвитку вибуху в суміжних рядах свердловин в масиві, що руйнується, між рядами виникає, переважно, напруження розтягу та зсуву, забезпечуючи інтенсивне дроблення і зменшення породи (25-30%).