

Использование рекомендаций по выбору типа крепи для поддержания выработок в зонах искусственного изменения упруго-пластических свойств пород в условиях 17 вскрытий пластов и на протяжении 899 м выработок показало их достаточную эффективность: устойчивость выработок повысилась вдвое, эксплуатационная их способность сохраняется в течение не менее 1,5-2 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений / Б.С. Касаткин, А.Б. Кудрин, Л.М. Лобанов и др. - К.: Наукова думка, 1981. - 584с.
2. Прибор для определения прочностных и деформационных характеристик горных пород / А.Н. Зорин, В.Г. Колесников, О.И. Бобров, С.П. Минеев. - Днепропетровск: Облполиграфиздат, 1979. - 6с.
3. Черняк И.Л., Шмелев А.И. Расчетные схемы по определению смещений почвы горных выработок // Проектирование и строительство угольных предприятий. - М.: ЦНИИТЭИугля. - 1966. - №5. - С.27-32.
4. Усаченко Б.М. Свойства пород и устойчивость горных выработок. - К.: Наукова думка, 1979. - 136с.
5. Потураев В.Н., Минсеев С.П. Использование вибрационных и волновых эффектов при отработке выбороопасных угольных пластов. - К.: Наукова думка, 1992. - 200с.
6. Левшин А.А., Витушко О.В., Нескоромная Е.А. Напряженно-деформированное состояние анизотропного массива горных пород при разработке пласта полезного ископаемого с изменяющейся мощностью // Геотехническая механика. Сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. - Днепропетровск. - 1999. - Вып.15. - С.3-12.

УДК 622.235.5: 539.2

Э.И.Ефремов, А.В.Пономарев, И.Л.Кратковский, К.С.Ищенко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ВЗРЫВНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА ВЫХОД ПЫЛЕВИДНЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Для різних гірських порід виконані експерименти по встановленню залежності кількості дрібних пиловидних фракцій від швидкості детонації вибухових речовин (ВР). Встановлено, що кількість дрібних фракцій (0-100 мкм) залежить не тільки від швидкості детонації ВР, але і від вмісту мінералів із максимальною щільністю дефектів їхньої будови. Існує визначений поріг – насичення, при якому не спостерігається істотного росту кількості пиловидних фракцій при збільшенні швидкості детонації. Практично для всіх гірських порід він зафіксований при швидкості детонації 5500 м/с.

Исследованиями, проведенными на моделях, изготовленных из кернов геологоразведочных скважин и штупов горных пород, установлено, что при взрывном нагружении полиминеральных сред максимальный выход пылевидных фракций (0-100 мкм) и их минералогический состав контролируется теми минералами, в которых плотность дефектов строения («залеченные» микротрещины или плоскости газовой-жидких включений, плоскости спайности, внутри – и межзерновые микротрещины) максимальна [1].

Изучение шлифов горных пород различного генезиса показало, что по плотности дефектов строения минеральных зерен, горные породы могут быть классифицированы в порядке уменьшения количества дефектных зерен следующим образом: граниты → джеспилиты (железистые кварциты) → габбро-диабазы → мигматиты гранитного состава → песчаники → известняки и доломиты.

Наибольшей плотностью дефектов строения минеральных зерен обладают кварцсодержащие породы, наименьшей – известняки и доломитизированные известняки (практически нулевой). Промежуточное значение занимают существенно полевошпатовые породы – песчаники, габбро-диабазы.

Данные количественного изучения плотности дефектов строения, выполненного на поляризационном микроскопе МП-2, снабженным интеграционным столиком ИСА приведены в табл.1.

Анализ табличных данных показывает, что максимальная объемная плотность дефектов строения наблюдается в кварце гранитов ($5 \cdot 10^3$ дефектов в 1 см^3 минерала). Такое высокое содержание дефектов строения данного минерала обусловлено его генезисом, а именно уменьшением первоначального объема на 0,86 % при переходе из высокотемпературной модификации (β -кварц) в низкотемпературную (α -кварц) при остывании породы в процессе формирования массива в неравномерном силовом поле напряжений.

Таблица 1- Объемная плотность дефектов строения горных пород

| Генезис | Порода | Породообразующие минералы с максимальной плотностью дефектов строения | Вид дефекта строения | Длина, мкм | Объемная плотность оптически различных дефектов строения, Ед./см ³ |
|-----------------------|---|---|--|----------------------------------|---|
| Магматические | Граниты | Кварц | Плоскости ГЖВ * | $1 \div 10^3$ | $2 \cdot 10^3 \div 5 \cdot 10^3$ |
| | Габбро-диабазы | Полевой шпат | Внутризерновые микротрещины, плоскости спайности | $5 \div 2 \cdot 10^3$ | $2,5 \cdot 10^2 \div 1 \cdot 10^3$ |
| Ультраметаморфические | Мигматиты гранитного состава | Кварц | Плоскости ГЖВ | $1 \div 10^2$ | $1 \cdot 10^3 \div 2 \cdot 10^3$ |
| Метаморфические** | Джеспилиты (железистые кварциты) | Кварц, полевой шпат | Плоскости ГЖВ, плоскости спайности, внутри- и межзерновые микротрещины | $1 \div 10^2$ | $1 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^3$ |
| Осадочные | Песчаники | Кварц, полевой шпат | Плоскости ГЖВ, плоскости спайности, внутри- и межзерновые микротрещины | $1 \div 10^2$ | $1 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^3$ |
| | Известняки, доломитизированные известняки | Кальцит, доломит | Двойниковые плоскости | $2 \cdot 10^2 \div 3 \cdot 10^3$ | $1 \div 2$ |

* – плоскости газово-жидких включений (ГЖВ) или «залеченные» микротрещины, наблюдаемые под микроскопом в виде полосок, состоящих из мельчайших пузырьков газа;

** – породы испытали частичное плавление в процессе образования

Образующиеся при этом микротрещины, хотя и «залечиваются» частично свободной кремнекислотой, в значительной мере уменьшают прочность кристалла, вследствие захвата пузырьков газа и жидкости, которыми насыщены гидротермальные растворы (флюиды). По данным работы [2] размер большинства таких флюидных включений не превышает 0,01 мм, с помощью электронного микроскопа обнаруживаются включения с размерами $2 \cdot 10^{-5}$ мм. И хотя флюидные включения обычно составляют не более нескольких долей процента общего объема кристалла кварца, несмотря на это общее число их может быть очень велико и достигать $\sim 10^9$ в 1 см^3 . По этой причине присутствие кварца в породе в значительной мере влияет на характер ее разрушения в случае приложения нагрузок, как статических, так и динамических (взрывных).

С целью установления зависимости количества мелких пылевидных фракций (0-100 мкм) от скорости детонации промышленных ВВ были выполнены следующие эксперименты: взрывание шпуровых зарядов ВВ с различной скоростью детонации в массиве горных пород; разрушение цилиндрических образцов (кернов геологоразведочных скважин) взрывом зарядов тэна с инертными добавками, позволяющими варьировать скоростью детонации при изменении соотношения тэн/добавка.

После взрыва осуществлялся отбор проб разрушенного взрывом материала, его рассев и гранулометрический анализ мелких фракций под микроскопом.

В первом случае эксперименты проводились в гранитном массиве. Для разрушения породы применяли скважинные заряды диаметром 250 мм, длиной 1,5-2 м. В качестве ВВ использовали аммонит № 6 ЖВ, граммонит 79/21 и тротил.

Во втором случае разрушали керны габбро-диабазов и железистых кварцитов диаметром 59 мм, в центре которых в отверстиях 4-5 мм размещали заряды тэн/инертная добавка, что позволяло изменять скорость детонации взрывчатой смеси от 3000 до 5500 м/с.

В результате изучения гранулометрического состава мелких (пылевидных) фракций разрушенных взрывом пород установлено следующее.

Количество мелких фракций (0-100 мкм) зависит в общем случае не только от скорости детонации ВВ, но и от содержания минералов с максимальной плотностью дефектов строения в породе. При этом с увеличением содержания кварца в породе, обладающего наибольшей плотностью дефектов строения среди изученных минералов, доля мелких фракций (0-50 мкм) возрастает при одновременном уменьшении их среднего размера $d_{\text{ср}}$.

Для кварцсодержащих пород, например, гранитов при содержании кварца в породе 30-35 % доля мельчайших частиц с размерами 0-75 мкм составляет 85-95 % при среднем их размере 50 мкм, для железистых кварцитов, при содержании кварца в породе 18-26 %, доля частиц диаметром 0-75 мкм составляет 75-85 %, а средний размер – 60-70 мкм.

Характер разрушения бескварцевых пород – габбро-диабазов, существенно отличается от характера разрушения кварцсодержащих пород – гранитов и железистых кварцитов. В составе мельчайших фракций 0-100 мкм преобладают более крупные частицы, доля частиц 0-50 мкм не превышает 30 %, в то время

как доля частиц с размерами 50-100 мкм составляет 70-85 %. Средний размер мельчайших частиц колеблется в пределах 75-85 мкм. Характерно, что средний размер ограниченных микротрещинами фрагментов полевого шпата – одного из главных породообразующих минералов габбро-диабазы – колеблется в пределах 60-90 мкм [3].

Представляет определенный научный и практический интерес характер разрушения известняков и доломитов, с одной стороны как минеральных сред с незначительной объемной плотностью дефектов строения и, с другой стороны, как флюсо-доломитного сырья, при добыче которого взрывным способом переизмельчение на контакте «ВВ-порода» является отрицательным фактором.

Главные породообразующие минералы известняков, доломитов и доломитизированных известняков, т.е. кальцит и доломит, не содержат в своем составе микротрещин. В качестве дефектов строения их структуры можно выделить спорадически встречающиеся двойниковые плоскости, т.е. нарушения структуры минерала без разрыва сплошности. Таким образом, эти породы практически лишены дефектов строения.

Взрывному нагружению подвергались образцы доломита, изготовленные в форме куба с ребром 150 мм. В центре образца размещали ВВ в цилиндрической полости диаметром 4 мм, причем соотношение тэп/ТРТ (ТРТ – твердое ракетное топливо) давало возможность изменять скорость детонации в широких пределах.

В результате выполненных экспериментов на моделях установлено, что количество пылевидных фракций в них значительно меньше, чем у гранитов (существенно кварцевых пород) или у габбро-диабазов (бескварцевых пород), а средний размер пылевидных фракций, разрушенных взрывом моделей не превышает 10-15 мкм (рис.1) и зависит, по-видимому, от прочностных свойств пород и процессов, происходящих на контакте «ВВ-порода».

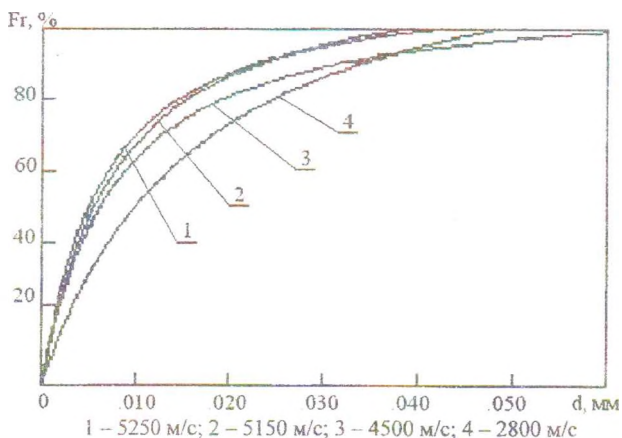


Рис.1 - Кривые гранулометрического состава мельчайших фракций известняков при различных скоростях взрывного нагружения (скорости детонации).

Однако, как для кварцсодержащих, так и бескварцевых пород с высокой плотностью дефектов строения породообразующих минералов, а также пород, минералы которых практически не содержат дефектов строения, исследование зависимости количества мелких (пылевидных) фракций от скорости детонации промышленных ВВ позволило установить общую, характерную для всех пород закономерность.

Зависимость количества мелких фракций от скорости детонации ВВ нелинейная (рис.2). Чем больше скорость детонации, тем больше количество пылевидных фракций в продуктах разрушения и меньше их средний размер.

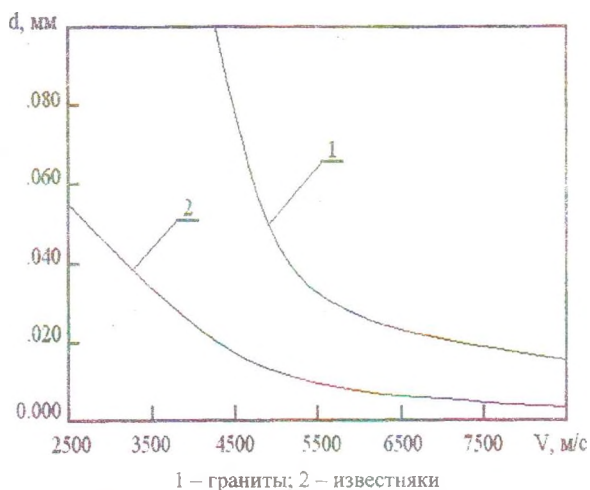


Рис.2. Зависимости размеров мельчайших фракций от скорости детонации ВВ

Вместе с тем, существует определенный порог («насыщение»), при котором уже не возрастает существенно количество пылевидных фракций и не уменьшается их средний размер. Этот порог практически для всех изученных пород зафиксирован при скорости детонации ВВ, равной 5500 м/с.

Полученные экспериментальные данные по характеру взрывного разрушения известняков и доломитов были использованы при разработке новых простейших взрывчатых смесей, позволяющих уменьшить объем переизмельченных фракций при добыче флюсо-доломитного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О влиянии фракционного состава кварцсодержащих пород на содержание силикозоопасной пыли в продуктах их разрушения/ Э.И.Ефремов, В.Д.Петренко, И.Л.Кратковский, С.В.Шевченко// Доклады Академии наук Украины, 1993. – № 5. – С.45-49.
2. Геохимия гидротермальных рудных месторождений: Пер. с англ. Под ред. Х.Л.Барнаса. – М.: Мир. – 622с.
3. Экспериментальные результаты разрушения полиминеральных сред при взрывном и механическом воздействии/ Э.И.Ефремов, В.Д.Петренко, И.Л.Кратковский, В.В.Шеленко// Высокоэнергетическая обработка материалов. – Т.1. – Днепропетровск, ГГАУ. – 1995. – С.44-49.