

В.И. Голинько, Д.В. Савельев, Я.Я. Лебедев, К.С. Ищенко, И.Л. Кратковский

ВЛИЯНИЕ ПАВ НА ДИСПЕРСНОСТЬ КВАРЦЕВОЙ ПЫЛИ ПРИ ВЗРЫВНОМ РАЗРУШЕНИИ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА

Приведен анализ мелкодисперсных частичек в продуктах разрушения фракции 0 – 100 мкм крепких песчаников шахты Терновская (г. Павлоград, Днепропетровская обл.), обработанных 10% раствором гидрокарбоната натрия (NaHCO_3), кальцинированной соды (Na_2CO_3) и омагниченной водой. Установлено, что в продуктах разрушения преобладают обломки частичек округлой формы, представленные исключительно кварцевыми зернами (90 – 99%) в отличие от продуктов разрушения песчаника необработанного ПАВ.

ВПЛИВ ПАВ НА ДИСПЕРСНІСТЬ КВАРЦОВОГО ПИЛУ ПРИ ВИБУХОВОМУ РУЙНУВАННІ ВУГЛЕПОРОДНОГО МАСИВУ

Наведено аналіз дрібнодисперсних частинок у продуктах руйнування з розміром фракції 0 – 100 мкм міцних пісковиків шахти Тернівська (м. Павлоград, Дніпропетровська обл.), оброблених 10% розчином гідрокарбонату натрію (NaHCO_3), кальцинованої соди (Na_2CO_3) та омагніченою водою. Встановлено, що в продуктах руйнування переважають уламки частинок округлої форми, представлені виключно кварцовими зернами (90 – 99%) на відміну від продуктів руйнування пісковіку, необробленого ПАВ.

INFLUENCE OF SURFACTANTS ON DISPERSED OF SILICA DUST UNDER EXPLOSIVE DESTRUCTION OF COAL-ROCK MASSIF

The analysis of fine particles in the products of destruction fraction 0 – 100 microns strong sandstone mine Ternovskaya (Pavlograd, Dnipropetrovs'k region) that were treated with 10% solution of sodium hydrogen carbonate solution (NaHCO_3), soda ash (Na_2CO_3) and magnetized water is conducted. It was determined that in products of destruction dominated debris particles rounded shape, represented only quartz grains (90 – 99%) in contrast to the degradation products sandstone raw surfactants.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка углепородного массива на глубоких горизонтах шахт осложняется следующими факторами. Увеличение крепости (прочности) углевмещающих пород связано с процессами литификации, диаге-

неза, изменением петрографического состава, в частности, преобладанием кварцсодержащих пород, а также структурными преобразованиями, происходящими в углевмещающей толще под действием литостатического давления, а именно: катаклаза, включающего дробление, грануляцию и растрескивание отдельных минеральных

зерен или локальных зон в пределах агрегата. Данный фактор при разработке полезных ископаемых с использованием энергии взрыва (проходка капитальных и подготовительных горных выработок в скальных породах) приводит к образованию мелкодисперсной кварцевой (силикозоопасной) пыли вследствие раскрытия многочисленных дефектов строения (микротрещин) в кварцевых зернах на контакте «ВВ-порода» [1].

Сложное напряженно-деформированное состояние (НДС) углеродного массива проявляется в преобладании до определенной глубины горизонтальных напряжений над вертикальными. Характер такого НДС массива приводит к уменьшению коэффициента использования шпура и, как следствие, увеличению массы взрывчатых веществ, используемых для разрушения пород, что, в свою очередь, увеличивает объем мелкодисперсной пыли и газообразных продуктов взрыва в шахтной атмосфере.

Совокупное влияние вышеперечисленных факторов при повышении глубины разработки углеродного массива приводит, таким образом, к росту запыленности и загазованности шахтной атмосферы и, тем самым, к значительному ухудшению условий труда горняков.

Основными источниками пылеобразования при разработке углеродного массива в глубоких шахтах являются буровые, взрывные и погрузочные работы, на долю которых приходится соответственно 50 – 60, 30 – 40 и 10% поступающей в шахтные выработки пыли.

Вопрос пылеподавления при буровых работах в настоящее время решается путем применения боковой и центральной промывки, а на погрузочных работах – повсеместное орошение отбитой горной массы. Что же касается взрывных работ, то в сущности единственным противопылевым мероприятием, применяемым на практике, является активное проветривание забоя. Однако одна только вентиляция не может служить радикальным средством борьбы с запыленностью горных выработок.

Новым перспективным, на наш взгляд, направлением уменьшения запыленности шахтной атмосферы являются способы взрывного разрушения, основанные на целенаправленном уменьшении прочности среды на контакте «ВВ-порода», «породо-разрушающий инструмент-порода», путем воздействия на разрушаемую полиминеральную среду поверхностно-активных веществ (ПАВ). Воздействие щелочей, например Na_2CO_3 , как известно [2, 3], снижает прочность кварца в 2 – 5 раз, что в итоге должно приводить к изменению механизма разрушения в зоне, контактирующей с ВВ.

Цель работы – исследование механизма и характера взрывного разрушения крепких песчаников, являющихся одним из основных источников силикозоопасной пыли в угольных шахтах.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования механизма и характера взрывного разрушения крепких песчаников были проведены следующие эксперименты.

Из кернов геологоразведочных скважин, выбуренных алмазной коронкой диаметром 59 мм, были изготовлены 12 цилиндрических образцов (по 3 образца на каждую серию) высотой 30 мм. Во всех образцах через центр основания сверлили сквозные отверстия диаметром 5 мм. Кроме того, из этих же кернов изготовляли петрографические шлифы для установления под микроскопом минералогического состава и структуры разрушаемой взрывом породы.

Изучение минералогического состава и структурных особенностей темно-серого песчаника шахты Терновская (г. Павлоград, Украина) показало, что его главные минералы представлены обломочным кварцем – 30 – 40%, обломками полевых шпатов (в основном обломками кислого плагиоклаза) – 50 – 55%. Второстепенные минералы представлены глинистыми минералами групп каолинита, монтмориллонита и слюд – 5 – 10%. Степень окатанно-

сти обломков 1 – 2 балла (угловатые и округленно-угловатые). Цемент контактный, а также цемент регенерации (порода частично окварцована), соотношение видов цемента примерно 1:1. Структура породы – мелкозернистая, размер зерен колеблется от 10 до 1000 мкм (рис. 1).

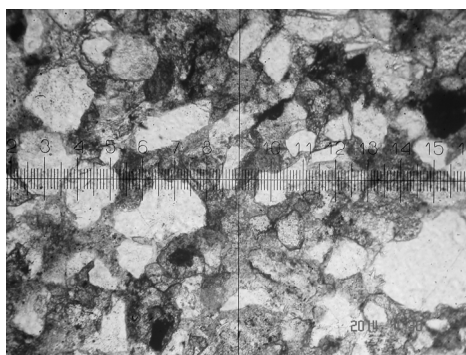


Рис. 1. Микрофотография темно-серого песчаника (шахта Терновская, Павлоград, Украина). Прозрачный шлиф, увеличение 96×

Подготовленные образцы экспериментальных серий (по 3 шт. в каждой серии) на 24 ч помещали в различные растворы ПАВ. В качестве ПАВ использовались 10% растворы гидрокарбоната натрия $NaHCO_3$ и кальцинированной соды Na_2CO_3 , обладающие щелочной реакцией, а также омагниченная вода, получаемая путем пропускания обычной воды через бытовой омагничиватель. Контрольные образцы, не подверженные действию ПАВ, в течение 24 ч высушивали в лабораторном сушильном шкафу при температуре 50 °С.

Затем образцы помещали в стальной обрезиненный бокс, и в просверленных отверстиях взрывали 150 мг высокобризантного взрывчатого вещества. После взрыва продукты разрушения извлекали из бокса, разделяли на фракции путем рассеивания на лабораторных ситах с размерами ячеек от 50 до 400 мкм, определяли массу каждой фракции, а гранулометрический состав мельчайшей пылевидной фракции (0 – 100 мкм) дополнительно изучали с помощью

поляризационного микроскопа МП-2, укомплектованного объективами с увеличением 20× и 40×, интеграционным столиком ИСА и отсчетным 8× окуляром, что позволяло устанавливать размеры отдельных частичек разрушенной породы (зерен и их обломков, минеральных агрегатов и т.п.) при увеличении 240× и 480×. Кроме того, в поле зрения микроскопа при увеличении 480× по характерным оптическим константам определяли минералогический состав пылевидной фракции песчаника и анализировали форму частичек, образовавшихся при разрушении породы.

Данные микрогранулометрии обрабатывали методом приближения экспериментальных кривых к двухпараметрическим зависимостям, используя стандартные программы на языке BASIC. По данным ситового анализа в автоматическом режиме строили гистограммы фракционного состава пылевидной фракции (0 – 100 мкм) и определяли основные параметры гранулометрии: средний диаметр зерен d_{cp} , их медианный размер Md , квартильные размеры Q_{75} и Q_{25} , а также коэффициенты равномерности дробления – S_0 и асимметрии – S_k , вычисляемые по формулам

$$S_0 = \sqrt{Q_{75} / Q_{25}}, \quad S_k = (Q_{75} \cdot Q_{25}) / Md^2.$$

Гранулометрические характеристики продуктов взрывного разрушения павлоградского песчаника, насыщенных различными ПАВ, приведены в таблице.

Анализ гранулометрических характеристик продуктов павлоградского песчаника, обработанного различными ПАВ, показывает, что омагниченная вода ($pH = 7$) не оказывает существенного влияния на характер и механизм взрывного разрушения данной полиминеральной породы. Возможно, под действием омагниченной воды и происходит некоторое снижение прочности образца, в характере разрушения это проявляется в незначительном увеличении среднего диаметра мелкодисперсных частичек (не более 15 – 17%) по сравнению с мелкодисперсными частичками сухих (кон-

трольных) образцов. Тем не менее, в продуктах разрушения мелкодисперсной фракции (0 – 100 мкм), представленной исключительно минералом кварцем (90 – 95%), превалируют остроугольные обломки, что свидетельствует о том, что разрушение пес-

чаника под действием взрывных нагрузок происходит главным образом по многочисленным дефектам в зернах кварца. Эти дефекты наблюдаются в поле зрения микроскопа в виде полосок пузырьков газа – плоскостей газожидких включений (ГЖВ).

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ
ПАВЛОГРАДСКОГО ПЕСЧАНИКА (ШАХТА «ТЕРНОВСКАЯ»), ОБРАБОТАННОГО ПАВ

Таблица

Поверхностно-активное вещество (ПАВ)	d_{cp} , мкм	Квартили, мкм			S_0	S_k
		Md	Q_{75}	Q_{25}		
Сухие образцы	10,30	1,25	3,67	0,20	2,97	0,98
Омагниченная вода	12,20	1,92	5,59	0,65	2,94	0,98
10% раствор $NaHCO_3$	13,70	2,08	8,40	1,01	2,90	0,97
10% раствор Na_2CO_3	19,25	5,01	14,35	1,71	2,91	0,97

Данный факт подтверждается оценкой таких вновь образованных обломков по степени окатанности. Она находится в интервале 0 – 1 балла (остроугольные и угловатые), в то время как изначально (в шлифе) степень окатанности минеральных частиц, слагающих песчаник, составляет 1 – 2 (угловатые и округленно-угловатые).

Насыщение образцов песчаника 10% раствором гидрокарбоната натрия ($NaHCO_3$), обладающего слабой щелочной реакцией, приводит к тому, что характер разрушения полиминеральной породы под действием взрывных нагрузок изменяется. В частности, средний диаметр мелкодисперсных (пылевидных) частичек фракции 0 – 100 мкм увеличивается в 1,33 раза (по сравнению с сухими образцами). Исследование морфологии обломков под микроскопом показало, что вновь образованные на контакте «ВВ-порода» поверхности формируются как по контактам зерен минералов, так и по дефектам строения (плоскостям ГЖВ в зернах кварца и плоскостям спайности в зернах полевых шпатов) в соотношении контакт «зерно-зерно»/плоскость ГЖВ примерно 4/1.

При воздействии на крепкие песчаники 10% раствора кальцинированной соды (Na_2CO_3) характер и механизм взрывного разрушения полиминеральной породы, со-

державшей в своем составе до 40% обломочного кварца, существенно изменяется. Средний диаметр мелкодисперсных частиц увеличивается почти вдвое: 10,30 мкм – сухие образцы, 19,25 мкм – образцы песчаника, обработанные раствором кальцинированной соды, обладающей более сильной щелочной реакцией по сравнению с раствором гидрокарбоната натрия. Морфологический анализ мелкодисперсных обломков фракции 0 – 100 мкм, выполненный под микроскопом при увеличении 480×, позволил установить, что вновь образованные взрывом поверхности развиваются только по контактам зерен.

Таким образом, в ослабленных действием щелочного раствора Na_2CO_3 в крепких песчаниках разрушение происходит не по дефектам строения в виде многочисленных микротрещин в зернах минералов, а по межзерновым контактам либо по потенциальным поверхностям раздела более низкого порядка в зоне контакта породы с ВВ или в зоне контакта с породоразрушающим инструментом (коронкой буровой установки).

При таком механизме разрушения полиминеральной среды на контакте «ВВ-порода» в мелкодисперсной фракции продуктов разрушения (0 – 100 мкм) преобладают более крупные частички, что способ-

ствует снижению концентрации пыли в горной выработке за счет быстрого оседания пылевидных частичек под действием сил гравитации.

ВЫВОДЫ

При разрушении взрывными нагрузками образцов крепкого темно-серого песчаника шахты «Герновская» (г. Павлоград, Украина) при целенаправленном снижении их прочности путем обработки ПАВ, обладающих щелочной реакцией, установлено следующее:

– в необработанных ПАВ песчаниках вновь образованные поверхности разрушения формируются в основном по внутризерновым дефектам строения кварца;

– в насыщенных щелочными растворами ПАВ песчаниках, где содержание минерала кварца превышает 40%, изменение механизма разрушения происходит на микроуровне, при этом вновь образованные поверхности формируются по контактам зерен кварца с другими породообразующими минералами;

– с уменьшением прочности песчаника, что связано с действием ПАВ, возрастает средний диаметр мелкодисперсных частичек, образующихся на контакте «ВВ-порода». Данное обстоятельство способствует снижению концентрации пыли в горной выработке, образующейся при ведении взрывных работ, за счет быстрого оседания пылевидных частичек под действием сил гравитации.



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 [и др.] // Доклады АН Украины. – 1993. – № 5. – С. 45 – 49.

2. Greggs D. Experiments bearing upon the orientation of quartz in deformation rocks / D. Greggs, J. Bell // *Geol. Soc. American Bull.* – 1938. – Vol. 49. – P. 1723 – 1746.

3. Fairbairn H.W. Synthetic quartzite / H.W. Fairbairn // *Am. Mineral.* – 1950. – Vol. 35. – P. 735 – 748.

ОБ АВТОРАХ

Голинько Василий Иванович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой аэрологии и охраны труда Национального горного университета.

Савельев Дмитрий Владимирович – аспирант кафедры аэрологии и охраны труда Национального горного университета.

Лебедев Яков Яковлевич – к.т.н., доцент кафедры аэрологии и охраны труда Национального горного университета.

Ищенко Константин Степанович – к.т.н., с.н.с. отдела механики взрыва горных пород Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины.

Кратковский Игорь Леонидович – к.т.н., с.н.с. отдела механики взрыва горных пород Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины.