



(19) KG (11) 2151 (13) C1
(51) F42D 3/04 (2019.01)

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И
ИННОВАЦИЙ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Кыргызской Республики под ответ-
ственность заявителя**

(21) 20180025.1

(22) 26.03.2018

(46) 31.05.2019, Бюл. № 5

(71) Тажибаев К. (KG)

(72) Тажибаев К.; Койчуманов З. С.; Тажибаев Д. К. (KG)

(73) Тажибаев К. (KG)

(56) А. С. SU № 728440 А, кл. E21C 37/00, 1984

(54) Способ определения взрываемости горных пород в массиве

(57) Изобретение относится к горной промышленности, в частности, к буровзрывному делу, и может быть использовано при проведении взрывных работ на карьерах, разрезах, шахтах и рудниках.

Задачей предлагаемого способа является повышение точности определения взрываемости горных пород в массиве.

Поставленная задача решается в способе определения взрываемости горных пород, включающем бурение скважин, отбор кернов из них, определение плотности образцов, размещение в одной скважине излучателя, а в другой приемника ультразвуковых волн, замер скорости продольной волны между скважинами, где в квазиоднородном массиве проводят бурение двух параллельных, а в случае слоистого анизотропного массива трех скважин, расположенных Г-образно, попарно во взаимно перпендикулярных направлениях; где в случае слоистого анизотропного массива две скважины бурят параллельно слоистости горных пород массива, а третью - в стороне от одной из скважин, с целью определения скорости в перпендикулярном направлении слоистости массива; где из кернов каждой скважины изготавливают не менее пяти образцов цилиндрической формы, высотой равной двум диаметрам, и определяют среднее значение плотности горных пород - ρ_{cp} (кг/м³), затем в случае квазиизотропных горных пород измеряют скорость продольной ультразвуковой волны между двумя параллельными скважинами, при этом измерение проводят не менее пяти раз на разных глубинах скважин и определяют среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны $V_{P(cp)}$ (м/с), в случае анизотропных слоистых горных пород измеряют скорость продольной ультразвуковой волны вдоль и перпендикулярно слоистости, определяют среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны из не менее десяти определений из трех скважин $V_{P(cp)}$ (м/с), и показатель взрываемости горных пород в массиве - B определяют по следующей формуле:

$$B = \rho_{cp} / V_{P(cp)} \text{ (с} \cdot \text{кг/м}^4\text{)}$$

Предлагаемый способ позволяет повысить точность определения взрываемости горных пород за счет измерения характеристик массива, отражающих его сопротивляемость взрывному дроблению, снижать трудоемкость определения взрываемости горных пород в массиве.

1 н. п. ф., 2 з. п. ф., 1 пр., 1 табл.

Изобретение относится к горной промышленности, в частности, к буровзрывному делу, и может быть использовано при проведении взрывных работ на карьерах, разрезах, шахтах и рудниках.

Известен способ определения взрываемости горных пород, включающий экспериментальное определение взрываемости и дробимости горных пород, установление функциональной зависимости между взрываемостью и дробимостью, и рабочий расчет взрываемости по полученной функциональной зависимости, где с целью повышения точности определения взрываемости, осуществляют отбор образцов пород отдельных генетических классов, выделяют для отдельно рассматриваемого генетического класса горных пород подклассы прочности по совокупности значений объемной массы, скорости продольных волн, пористости и общей карбонатности пород в образцах, экспериментальное определение дробимости осуществляют взрывом для части образцов каждого подкласса прочности пород, устанавливают для каждого подкласса прочности пород зависимость дробимости взрывом от совокупности измеренных значений показателей физико-механических свойств пород в образцах, а экспериментальное определение взрываемости пород и установление функциональной зависимости между взрываемостью и дробимостью осуществляют для пород отдельных генетических классов (А. С. SU № 1538012 А1, кл. F42D 3/04, 1990).

Недостатками данного способа определения взрываемости горных пород является: сложность и высокая трудоемкость экспериментов по определению дробимости и взрываемости, расчетов, определений комплекса физико-механических свойств, классов и подклассов горных пород, а также снижение точности определения взрываемости из-за определения комплекса характеристик свойств, необходимость решения дополнительной задачи, возникающая при переходе от данных, полученных на образцах, к данным массива горных пород, так как промышленные взрывы проводятся в породном массиве.

Наиболее близким, который принят за прототип, является способ определения взрываемости горных пород в массиве, включающий бурение шпура, размещение в нем заряда и его взрывание, где с целью снижения трудоемкости процесса путем оценки взрываемости по скорости смещения разрушаемого массива, параллельно зарядному шпуру бурят скважину, в которой помещают датчики смещения, которые регистрируют скорость смещения разрушенного массива (А. С. SU № 728440 А, кл. E21C 37/00, 1984).

По указанному способу, определение взрываемости горных пород в массиве производят путем бурения на стандартном расстоянии друг от друга шпура и скважины, взрывания заряда взрывчатого вещества в шпуре и измерения скорости смещения разрушаемого массива с помощью расположенных в скважине датчиков смещения. Критерием взрываемости породы в массиве по данному способу является скорость подвижки отбитой горной массы: чем больше скорость, тем легче данная порода массива разрушается при взрывном нагружении.

Недостатками данного способа определения взрываемости горных пород в массиве является невысокая точность определения взрываемости. При взрыве в массиве горных пород образуются куски пород различных размеров и скорость смещения кусков, в зависимости от размеров, будет разной. Также скорость смещения раздробленных при взрыве кусков горных пород зависит от характеристик взрывчатого вещества (ВВ), например, от его бризантности. Различные ВВ имеют различную бризантность. Бризантность взрывчатого вещества - это мера его способности к локальному дробящему воздействию на среду, в которой происходит взрыв. В свою очередь, бризантность зависит от состава ВВ, его плотности, степени измельчения и скорости детонации. Взрываемость горных пород в массиве следует определять как свойство, присущее к слагающим массив горным породам, не зависящее от типов ВВ и условий взрывания, а скорость смещения разрушенного массива, принятая в вышеуказанном способе в качестве критерия взрываемости горных пород в массиве, зависит от ряда указанных выше внешних факторов: бризантности, фугасности, скорости детонации и плотности ВВ, что снижает точность определения взрываемости горных пород в массиве по указанному выше способу.

Взрываемость горных пород - это их способность сопротивляться разрушению под действием энергии взрыва зарядов, и она определяется удельным расходом ВВ, необходимого для разрушения 1 м³ породы (кг/м³). Однако удельный расход ВВ зависит, причем неоднозначно, от крепости пород, мощности ВВ, условий взрывания. Взрываемость горных пород часто определяется также и по коэффициенту крепости М. М. Протоdjяконова. При этом считают, что крепкие породы взрывом разрушать труднее, чем слабые породы, имеющие меньшее значение крепости, а в реальности крепкие и хрупкие скальные горные породы, при прочих равных условиях, имеют меньшую сопротивляемость взрыву и от взрыва лучше дробятся, чем слабые глинистые горные породы.

Взрываемость горных пород в массиве - это способность части породного массива сопротивляться взрывному дроблению. Взрываемость горных пород, прежде всего, зависит от их структуры, плотности, упругости и пластичности, например, вдоль слоистости разрушать горную породу в массиве взрывными волнами легче, чем поперек слоистости. Это связано с тем, что сейсмические волны взрыва, несущие в себе энергию, в направлении поперек слоистости горных пород существенно замедляются, теряют скорость и энергию. Дисперсные, не прочные глинистые грунты и осадочные слабые горные породы имеют более высокую сопротивляемость взрывному нагружению и взрываются хуже (с точки зрения дробления горной породы), чем крепкие хрупкие горные породы из-за существенного затухания упругих волн взрыва в указанных выше непрочных горных породах. Поэтому считаем, что для определения взрываемости горных пород в массиве одним из главных показателей может служить скорость продольной ультразвуковой волны, определяемой в массиве горных пород, то есть среднее значение скорости продольной волны разных горных пород, слагающих породный массив ($V_{P(cp)}$), так как данный показатель отражает структуру массива и его реакцию на упругие сейсмические волны взрыва. Другим важным показателем взрываемости может служить среднее значение плотности горных пород, слагающих породный массив (ρ_{cp}), так как от плотности горных пород массива, или также и от плотности других твердых материалов зависит скорость сейсмических волн взрыва и сопротивляемость разрушению материала при взрыве. Например, сопротивляемость взрывному разрушению плотного металла железа или серебра, значительно выше, чем стекла, или хрупкой горной породы. Отсюда следует, что в качестве показателя взрываемости горных пород в массиве может служить отношение среднего значения плотности горных пород, слагающих массив, к среднему значению скорости ультразвуковой продольной волны в массиве горных пород: $B = \rho_{cp} / V_{P(cp)}$,

где B - показатель взрываемости горных пород в массиве, имеющий размерность $\text{с} \cdot \text{кг}/\text{м}^4$;

$V_{P(cp)}$ - среднее значение скорости распространения продольной ультразвуковой волны в рассматриваемом участке массива горных пород, $\text{м}/\text{с}$;

ρ_{cp} - среднее значение плотности горных пород, слагающих породный массив рассматриваемого участка, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Задачей предлагаемого способа является повышение точности определения взрываемости горных пород в массиве.

Поставленная задача решается в способе определения взрываемости горных пород, включающем бурение скважин, отбор кернов из них, определение плотности образцов, размещение в одной скважине излучателя, а в другой приемника ультразвуковых волн, замер скорости продольной волны между скважинами, где в квазизнородном массиве проводят бурение двух параллельных, а в случае слоистого анизотропного массива трех скважин, расположенных Г-образно, парно во взаимно перпендикулярных направлениях; где в случае слоистого анизотропного массива две скважины бурят параллельно слоистости горных пород массива, а третью - в стороне от одной из скважин, с целью определения скорости в перпендикулярном направлении слоистости массива; где из кернов каждой скважины изготавливают не менее пяти образцов цилиндрической формы, высотой равной двум диаметрам, и определяют среднее значение плотности горных пород - ρ_{cp} ($\text{кг}/\text{м}^3$), затем в случае квазиизотропных горных пород измеряют скорость продольной ультразвуковой волны между двумя параллельными скважинами, при этом измерение проводят не менее пяти раз на разных глубинах скважин и определяют среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны $V_{P(cp)}$ ($\text{м}/\text{с}$), в случае анизотропных слоистых горных пород измеряют скорость продольной ультразвуковой волны вдоль и перпендикулярно слоистости, определяют среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны из не менее десяти определений из трех скважин $V_{P(cp)}$ ($\text{м}/\text{с}$), и показатель взрываемости горных пород в массиве - B определяют по следующей формуле:

$$B = \rho_{cp} / V_{P(cp)} \quad (\text{с} \cdot \text{кг}/\text{м}^4)$$

Способ определения взрываемости горных пород в массиве осуществляют следующим образом.

Для определения взрываемости квазиизотропных горных пород от обнажения горной выработки или уступа производят колонковое бурение двух параллельных скважин с диаметрами 76 мм на расстоянии между ними, определяемой представительным объемом массива, например, 2-4 м и на глубину не менее 2 м, отбирают керны из разных глубин двух скважин, чтобы изготовить не менее десяти образцов цилиндрической формы с высотой равной двум диаметрам, измеряют

плотность каждого образца и определяют среднее значение плотности горных пород массива ρ_{cp} . В случае анизотропных слоистых горных пород бурят Г-образно три скважины, также на глубину не менее 2 м, причем первую и вторую из них бурят вдоль линии, совпадающей с направлением слоистости, а третью скважину бурят так, чтобы вторая и третья скважина находились по линии перпендикулярно слоистости горных пород. Отбирают керны из разных глубин трех скважин, изготавливают не менее пятнадцати образцов цилиндрической формы и определяют их плотность, затем среднее значение плотности анизотропных горных пород массива ρ_{cp} .

Затем, в случае квазиизотропных горных пород, на разных глубинах двух скважин с помощью излучателя, приемника и прибора ультразвуковых волн измеряют скорость продольной волны между скважинами не менее пяти раз и по этим измерениям определяют среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны $V_{P(cp)}$. В случае слоистых анизотропных горных пород сначала на разных глубинах в первой и второй скважинах, расположенных вдоль направления слоистости, с помощью излучателя и приемника волн, ультразвукового прибора, измеряют скорость продольной волны не менее пяти раз, затем между второй и третьей скважиной, расположенных вдоль линии перпендикулярной слоистости горных пород, также измеряют скорость продольной ультразвуковой волны не менее пяти раз и по десяти измерениям определяют среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны для анизотропного массива горных пород $V_{P(cp)}$.

После измерений средних значений плотности и скорости продольной ультразвуковой волны горных пород, по следующей формуле, по значению показателя взрываемости горных пород (B) определяют взрываемость горных пород в массиве:

$$B = \rho_{cp} / V_{P(cp)} \quad (с \cdot кг/м^4)$$

Измерительные скважины используют в дальнейшем для взрывных работ в шахтах и карьерах.

Пример. Определили взрываемость слоистых анизотропных сланцев Чон-Койского месторождения по показателю взрываемости. Сначала определили значение плотности сланцев, отобранных из трех скважин на 15 образцах: 2,67; 2,69; 2,56; 2,72; 2,62; 2,63; 2,67; 2,59; 2,78; 2,81; 2,69; 2,57; 2,74; 2,71; 2,66 г/см³. Среднее значение плотности сланцев из трех скважин данного месторождения составило $\rho_{cp} = 2674 \text{ кг/м}^3$. Затем определили скорость распространения ультразвуковых волн вдоль слоистости сланцев на базе между двумя скважинами, пройденными по линии, совпадающей с направлением слоистости: $V_{P1} = 4472 \text{ м/с}$; $V_{P2} = 4386 \text{ м/с}$; $V_{P3} = 4367 \text{ м/с}$; $V_{P4} = 4393 \text{ м/с}$; $V_{P5} = 4439 \text{ м/с}$. После этого определили скорость распространения ультразвуковых волн перпендикулярно слоистости сланцев на базе между двумя другими скважинами, устья которых при соединении составляют линию, перпендикулярную к направлению слоистости: $V_{P6} = 3212 \text{ м/с}$; $V_{P6} = 2894 \text{ м/с}$; $V_{P6} = 3002 \text{ м/с}$; $V_{P6} = 3184 \text{ м/с}$; $V_{P6} = 3287 \text{ м/с}$. Для массива горных пород определили среднее значение скорости распространения ультразвуковой волны из десяти определений, включающее скорость распространения продольной волны вдоль и перпендикулярно слоистости сланцев: $V_{P(cp)} = 3764 \text{ м/с}$.

По данным средних значений плотности и скорости распространения продольной ультразвуковой волны массива горных пород и на основе формулы показателя взрываемости определили взрываемость сланцев месторождения Чон - Кой:

$$B = \rho_{cp} / V_{P(cp)} = 2674 / 3764 = 0,71 \quad (с \cdot кг/м^4).$$

В таблице 1 представлены характеристики физико-механических свойств и расчетный показатель взрываемости по данным образцов горных пород и ряда металлов.

Разница результатов определения взрываемости горных пород, полученных по данным образцов и для породного массива, будет зависеть от нарушений сплошности массива и его структурным ослаблением, а в плотных массивах результаты будут близкими.

Как видно из таблицы 1, менее прочные глинистые и осадочные породы имеют более высокую величину взрываемости, чем высокопрочные. Как указано выше, взрываемость вдоль слоистости значительно меньше, чем поперек слоистости (рудник Кумтор, филлит).

Предлагаемый способ позволяет повысить точность определения взрываемости горных пород за счет измерения характеристик массива, отражающих его сопротивляемость взрывному дроблению, снижать трудоемкость определения взрываемости горных пород в массиве. За счет

достижения точности определения взрываемости массива горных пород обеспечивается точность определения удельного расхода взрывчатого вещества, повышение эффективности дробления и экономическая эффективность промышленных взрывов путем снижения расхода взрывчатого вещества.

Таблица 1

Название горной породы, материала	Плотность, кг/м ³	Скорость продольной волны, м/с	Расчетный показатель взрываемости по данным образцов горных пород, $c \cdot \text{кг/м}^4$
Хайдаркенское месторождение, рудник Хайдаркен, карьер Кара - Арча			
Арагонит	2740	4700	0,58
Брекчия известково-кварцитовая	2780	5040	0,55
Брекчия роговиково-кварцевая	2820	5130	0,55
Брекчия роговиково-кварцевая с антимонитом	2980	4170	0,71
Известняки окремнен.	2840	5450	0,52
Песчаники серые	2900	4500	0,64
Сланцы углистые брекчиевые	2810	5490	0,51
«Сулуктауголь» шахта 18			
Сланец глинистый (полевой штр. 5 гор.)	2170	3190	0,68
Конгломерат (полевой штр.)	2120	5250	0,4
Рудник Кумтор			
Филлит (вдоль слоистости)	2800	6277	0,45
Филлит (поперек слоистости)	2800	3731	0,75
Метасамотит (рудная зона)	3200	5425	0,59
Металлы			
Железо	7800	5850	1,33
Алюминий	2700	6260	0,43
Золото	19300	3240	5,96
Серебро	10500	3600	2,92

Формула изобретения

1. Способ определения взрываемости горных пород в массиве, включающий бурение скважин, отбор кернов из них, определение плотности образцов, размещение в одной скважине излучателя, а в другой приемника ультразвуковых волн, замер скорости продольной волны между скважинами, отличающийся тем, что в квазиоднородном массиве проводят бурение двух параллельных, а в случае слоистого анизотропного массива трех скважин, расположенных Г-образно, попарно во взаимно перпендикулярных направлениях.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в случае слоистого анизотропного массива две скважины бурят параллельно слоистости горных пород массива, а третью - в стороне от одной из скважин, с целью определения скорости в перпендикулярном направлении слоистости массива.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что из кернов каждой скважины изготавливают не менее пяти образцов цилиндрической формы, высотой равной двум диаметрам, и определяют среднее значение плотности горных пород - ρ_{cp} (кг/м³), затем в случае квазиизотропных горных пород измеряют скорость продольной ультразвуковой волны между двумя параллельными

скважинами, при этом измерение проводят не менее пяти раз на разных глубинах скважин и определяют среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны $V_{P(cp)}$ (м/с), в случае анизотропных слоистых горных пород измеряют скорость продольной ультразвуковой волны вдоль и перпендикулярно слоистости, определяют среднее значение скорости продольной ультразвуковой волны из не менее десяти определений из трех скважин $V_{P(cp)}$ (м/с), и показатель взрываемости горных пород в массиве - B определяют по следующей формуле:

$$B = \rho_{cp} / V_{P(cp)} (с \cdot кг/м^4).$$

Выпущено отделом подготовки официальных изданий

Государственная служба интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики,
720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41; факс: (312) 68 17 03