



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E21C 39/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017118113, 24.05.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.05.2017

Дата регистрации:
26.03.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.05.2017

(45) Опубликовано: 26.03.2018 Бюл. № 9

Адрес для переписки:
630091, г. Новосибирск-91, Красный пр-кт, 54,
ИГД СО РАН

(72) Автор(ы):

Кю Николай Георгиевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт горного дела
им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения
Российской академии наук (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2485313 C1, 20.06.2013. SU
1146448 A1, 23.03.1985. SU 1550138 A1,
15.03.1990. SU 1809052 A1, 15.04.1993. RU
2398964 C1, 10.09.2010. RU 2335756 C1,
10.10.2008. RU 2062484 C1, 20.06.1996. DE
2546547A1, 21.04.1977.

(54) Способ оценки напряженного состояния горных пород

(57) Реферат:

Изобретение относится к горному делу и может быть использовано для оценки напряженного состояния горных пород в породном массиве. Технический результат заключается в повышении эффективности способа оценки напряженного состояния горных пород за счет увеличения локального напряжения в горной породе до предела ее прочности и оценки значений фактически действующих в ней напряжений. Способ включает прием от трещин

электромагнитных и упругих волн, оценку напряженного состояния горных пород. Трещины создают направленными возрастающими ударными нагрузками на горную породу и фиксируют их появление по частотному спектру электромагнитных и упругих волн. Напряженное состояние горной породы оценивают по значению удельного усилия той из указанных нагрузок, при которой напряжение в горной породе достигает предела ее прочности. 5 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2 648 401 C1

RU 2 648 401 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21C 39/00 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017118113, 24.05.2017**

(24) Effective date for property rights:
24.05.2017

Registration date:
26.03.2018

Priority:

(22) Date of filing: **24.05.2017**

(45) Date of publication: **26.03.2018** Bull. № 9

Mail address:
**630091, g. Novosibirsk-91, Krasnyj pr-kt, 54, IGD
SO RAN**

(72) Inventor(s):

Kyu Nikolaj Georgievich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
uchrezhdenie nauki Institut gornogo dela im.
N.A. Chinakala Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj
akademii nauk (RU)**

(54) **METHOD OF THE STRESSED CONDITION OF ROCKS ESTIMATION**

(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: invention relates to mining and can be used to assess the stressed state of rocks in a rock massif. Method includes electromagnetic and elastic waves receiving from cracks, an estimation of a stressed condition of rocks. Cracks are created by directed increasing shock loads on the rock and fixing their appearance by the frequency spectrum of electromagnetic and elastic waves. Stressed state of the

rock is evaluated by the value of the specific force of that of the indicated loads, at which the stress in the rock reaches its ultimate strength.

EFFECT: technical result consists in increasing the efficiency of the stressed state of rocks estimating method by increasing the local stress in the rock to the limit of its strength and estimating the values of the actually acting in it stresses.

6 cl, 1 dwg

RU 2 648 401 C1

RU 2 648 401 C1

Изобретение относится к горному делу и может быть использовано для оценки напряженного состояния горных пород в породном массиве.

Известен способ определения напряженного состояния горных пород по патенту РФ №2398964, кл. E21C 39/00, опубл. в БИ №25, 2010 г., включающий задание требуемой
5 детальности исследования массива, установку датчиков электромагнитных и сейсмоакустических сигналов, регистрацию электромагнитных и сейсмоакустических сигналов, излучаемых естественными источниками в массиве горных пород, определение параметров этих сигналов. Регистрацию электромагнитных и сейсмоакустических
10 сигналов производят датчиками в скважинах, пробуренных от поверхности обнажения вглубь массива, шаг измерения вдоль оси которых выбирают в соответствии с требуемой детальностью. Задают ширину скользящего пространственного окна, охватывающего несколько последовательно расположенных точек измерения. Для множества пар значений параметров электромагнитных и сейсмоакустических сигналов, соответствующих одним и тем же точкам внутри пространственного окна, определяют
15 коэффициент корреляции. Ставят его значение в соответствие средней точке пространственного окна и в случае положительного значения коэффициента корреляции напряженное состояние массива горных пород в этой точке относят к допредельной стадии, а в случае отрицательного значения относят к запредельной стадии деформирования. Ширину пространственного окна выбирают из условия статистической
20 значимости коэффициента корреляции.

Общим у аналога с предлагаемым способом является прием электромагнитных и упругих волн, излучаемых источниками в массиве горных пород, регистрацию указанных волн и определение их параметров.

В этом способе не предусмотрена возможность оценки разницы значений фактически
25 действующих напряжений в горной породе и ее прочности. Поэтому его использование для оценки напряженного состояния горных пород, например, с целью прогноза устойчивости породного массива при изменении в нем напряжений, обусловленных техногенным на него воздействием, неэффективно.

Наиболее близким по технической сущности и совокупности существенных признаков
30 является способ оценки напряженного состояния горных пород по патенту РФ №2485313, кл. E21C 39/00, опубл. 20.06.2013 г., включающий бурение скважины, формирование щели разрывом горной породы пластичным веществом в заданной плоскости. Первоначально щель формируют пластичным веществом, электрическое сопротивление которого зависит от давления, а затем в щель из места, равноудаленного
35 от ее границ, нагнетают пластичное вещество с диэлектрическими свойствами, создавая из первоначально нагнетаемого пластичного вещества кольцо, которое используют для приема электромагнитных и упругих волн от образования в горных породах трещин. Оценку напряженного состояния горных пород осуществляют по параметрам принимаемых волн.

Общим у прототипа с предлагаемым способом является прием от трещин
40 электромагнитных и упругих волн, оценка напряженного состояния горных пород по параметрам принимаемых волн.

В этом способе трещины не создают направленными возрастающими ударными
нагрузками на горную породу и не оценивают по энергии и временным функциям
45 ударных импульсов величины дополнительных напряжений, которые способен выдержать породный массив. Способ не обеспечивает возможность наблюдения за приближением напряжений, обусловленных совокупностью природных и техногенных факторов, к пределу прочности горной породы. Поэтому он обладает относительно

низкой эффективностью для оценки напряженного состояния горных пород.

Решаемая техническая проблема заключается в повышении эффективности способа за счет увеличения локального напряжения в горной породе до предела ее прочности и оценки значений фактически действующих в ней напряжений.

5 Проблема решается тем, что в способе оценки напряженного состояния горных пород, включающем прием от трещин электромагнитных и упругих волн, оценку напряженного состояния горных пород, согласно предлагаемому техническому решению трещины создают направленными возрастающими ударными нагрузками на горную породу и фиксируют их появление по частотному спектру электромагнитных и упругих
10 волн, а напряженное состояние горной породы оценивают по значению удельного усилия той из указанных нагрузок, при которой напряжение в горной породе достигает предела ее прочности.

Такое техническое решение обеспечивает возможность наблюдения за приближением напряжений, обусловленных совокупностью природных и техногенных факторов, к
15 пределу прочности горной породы, что позволяет выявлять опасные участки ведения горных работ и оперативно принимать меры по существенному снижению вероятности внезапных динамических проявлений породных массивов.

Предлагаемый способ реализует следующую идею. Хрупкая горная порода при достижении в ней напряжений предела ее прочности теряет устойчивость, от чего в
20 породном массиве возможно проявление динамических процессов в виде внезапных горных ударов, обрушений выработок, образования завалов с тяжелыми негативными последствиями. Однако если напряжения в горной породе достигают предела ее прочности в небольшом объеме и кратковременно, то из-за сравнительно малой накопленной в ней упругой энергии масштабного динамического процесса разрушения
25 породного массива не происходит. Вместе с этим по характерным признакам начала разрушения горной породы, например возникновению в ней микротрещин, можно оценивать ее состояние, а именно определять дополнительные напряжения, которые она способна выдержать. Для создания дополнительных кратковременных напряжений, которые в сумме с естественными напряжениями достигают предела прочности горной
30 породы в малом объеме можно использовать ударные нагрузки, а начало ее разрушения определять по возникающим в ней микротрещинам. Особо следует отметить, что прочность горной породы существенно зависит от способа воздействия на нее. При динамической (ударной) нагрузке ее прочность в сравнении со статической нагрузкой может возрастать в несколько раз. Поэтому предлагаемый способ предусматривает
35 знание известных или предварительно определяемых зависимостей прочностных характеристик конкретных горных пород от режима механического воздействия на нее. Определение прочности горной породы при статической нагрузке по параметрам ее разрушения комбинированной нагрузкой (статической и ударной) осуществляют по известным методикам.

40 Создание трещины направленными возрастающими ударными нагрузками на горную породу обеспечивает увеличение в ней напряжений до предела ее прочности. Фиксация появления трещин по частотному спектру электромагнитных и упругих волн позволяет использовать известные способы и средства для определения начала потери устойчивости горной породы (достижения напряжений в горной породе предела ее
45 прочности). Оценка напряженного состояния горной породы по значению удельного усилия той из указанных нагрузок, при которой напряжение в горной породе достигает предела ее прочности, позволяет по известным методикам определять разность значений естественных напряжений в горной породе и ее прочности, т.е. оценивать

дополнительное напряжение, которое способна выдержать горная порода. В результате, повышается эффективность способа за счет увеличения локального напряжения в горной породе до предела ее прочности и оценки значений фактически действующих в ней напряжений.

5 Целесообразно направленные возрастающие ударные нагрузки на горную породу создавать сбрасыванием груза в нисходящую вертикальную скважину. Это позволяет: тестировать горную породу в месте, до которого можно пробурить нисходящую скважину; использовать скважину в качестве направляющей перемещения груза; задавать требуемую энергию удара; воздействовать на горную породу наиболее
10 простыми средствами и способом. Все это обуславливает повышение эффективности способа.

Целесообразно нисходящую скважину возле ее забоя предварительно заполнить пластичным веществом. Это исключает отскок груза после его падения, что существенно облегчает расчет удельного усилия, с которым он воздействует на породный массив,
15 и позволяет по известным методикам, используемым в измерительных гидравлических разрывах, определять действующие напряжения в плоскости забоя скважины. В результате повышается эффективность способа.

Целесообразно временные функции ударных нагрузок определять по параметрам исходящих от них упругих волн. За счет этого прием упругих волн от ударных нагрузок
20 и трещин, возникающих при разрушении горной породы, можно осуществлять одной и той же системой, что снижает стоимость реализации способа, повышая, тем самым, эффективность его использования.

Целесообразно дополнительно определять изменение во времени значения удельного усилия той из указанных нагрузок, при которой напряжение в горной породе достигает
25 предела ее прочности. Это позволяет прогнозировать устойчивость породных массивов, что расширяет возможности способа.

Целесообразно для приема от трещин упругих и электромагнитных волн использовать скважину с поданным в нее электропроводящим веществом, электрическое сопротивление которого зависит от давления в нем. Это повышает достоверность
30 измерительной информации за счет нейтрализации горного давления, дезинтегрирующего горную породу в окрестности скважины с образованием расслоений, экранирующих и искажающих принимаемые волны. При этом не требуется использования отдельных систем приема упругих и электромагнитных волн. В результате возрастает эффективность способа.

35 Сущность технического решения поясняется примером конкретной реализации способа оценки напряженного состояния горных пород и чертежом.

На чертеже показана схема реализации способа оценки напряженного состояния горных пород (далее - способ): слева - создание трещин в горной породе направленными
40 возрастающими нагрузками на нее; справа - прием от трещин упругих и электромагнитных волн.

Способ реализуют следующим образом.

Направленными возрастающими ударными нагрузками на горную породу создают в ней трещины. Для этого сбрасывают груз 1 (см. чертеж) в нисходящую вертикальную скважину 2 (далее - скважина 2). От трещин принимают электромагнитные и упругие
45 волны с помощью скважины 3 с поданным в нее электропроводящим веществом 4 (далее - вещество 4), электрическое сопротивление которого зависит от давления в нем. Появление трещин фиксируют по частотному спектру электромагнитных и упругих волн. Высоту сбрасывания груза 1 увеличивают до начала фиксации появления трещин,

обуславливающих достижение напряжений в горной породе предела ее прочности. С использованием известных методик определяют временные функции направленных возрастающих ударных нагрузок по параметрам исходящих от них упругих волн. По высоте подъема груза 1 и временным функциям ударных нагрузок с использованием известных методик и формул механики движения физических тел определяют удельные усилия, с которыми груз 1 дополнительно к естественным напряжениям воздействует на горную породу. Определяют значение удельного усилия той из указанных нагрузок, при которой начинают появляться трещины, обусловленные достижением напряжения в горной породе предела ее прочности. Далее по известной методике перехода от комбинированной нагрузки к эквивалентной статической нагрузке определяют напряженное состояние горной породы. К грузу 1 для его подъема и сбрасывания в скважину 2 можно прикреплять трос 5. Для исключения отскока груза 1 после его падения скважину 2 возле ее забоя можно предварительно заполнить пластичным веществом 6 (далее - вещество 6). Вещество 4 для получения информации о характере воздействия на него упругих и электромагнитных волн можно вводить электроды 7 и 8, подсоединенные через проводники 9 и 10 соответственно к системе регистрации (на чертеже не показана). Дополнительно можно определять изменение во времени значения удельного усилия той из указанных нагрузок, при которой напряжение в горной породе достигает предела ее прочности (начинают появляться трещины).

Сбрасываемый в скважину 2 груз 1 в конце своего падения приобретает скорость

$$v = \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где v - скорость груза в конце падения;

g - ускорение свободно падающего тела;

H - высота, с которой сбрасывают груз 1.

При соударении с препятствием (забоем скважины или веществом 6) скорость груза 1 падает до нуля. Для условия заполнения скважины 2 веществом 6 отскока груза 1 не происходит и поэтому практически вся его кинетическая энергия затрачивается на создание давления P в веществе 6, что можно оценить формулой

$$P = \frac{m\sqrt{2gH}}{\pi r_0^2 \Delta t}, \quad (2)$$

где P - давление в веществе 6 в момент воздействия на него грузом 1;

m - масса груза 1;

πr_0^2 - площадь поперечного сечения груза 1;

Δt - время, за которое приобретенная при падении груза 1 скорость становится нулевой в результате его внедрения в вещество 6.

Отметим, что формула (2) получена преобразованием известных в механике формул для ускоренного движения физического тела и для условия принятия постоянным ускорения груза 1 во время Δt его торможения при внедрении в вещество 6. Время Δt можно определять с помощью датчика (например, акселерометра), установленного непосредственно на падающем грузе 1, что связано с известными неудобствами. Поэтому время Δt определяют по параметрам исходящих от груза 1 упругих волн как время возрастания сигнала между его нулевым и первым максимальным значением.

Вещество 6 при кратковременном на него воздействии проявляет свойство твердого тела, направленно передающего усилие торможения груза 1 забою скважины 2, создавая

тем самым нормальные к поверхности горной породы напряжения, численно равные давлению Р. Благодаря веществу 6 устраняется непосредственный контакт груза 1 с неровностями поверхности забоя, на которых при контакте с твердым телом концентрируются напряжения, способные инициировать возникновение
 5 непредусмотренных в способе микротрещин, снижающих достоверность информации о напряженном состоянии горной породы.

В большинстве случаев напряжения в породном массиве обусловлены весом вышележащих горных пород, и одно из главных напряжений, обладающее, как правило, наибольшим значением, направлено вертикально. С этим главным напряжением и
 10 суммируется напряжение, создаваемое падающим грузом 1 в скважине 2. Вместе с этим способ предусматривает создание дополнительных напряжений в горной породе ударными нагрузками на забой скважины с любой ориентацией. Для этого предполагается использовать известные погружные ударные машины (пневматические, электрические, гидравлические), создающие одиночные удары в широком диапазоне
 15 энергии ударных импульсов. Кроме этого, способ не исключает возможность создания дополнительных направленных напряжений в горной породе направленными возрастающими ударными нагрузками непосредственно по поверхности горной выработки.

Прием электромагнитных и упругих волн от трещин, возникающих в породном
 20 массиве как следствие разрушения горной породы, можно осуществлять предназначенными для таких целей любыми известными средствами. Вместе с этим следует учитывать, что при высоких напряжениях горная порода отжимается в сторону свободного пространства (выработки, скважины) с образованием расслоений, которые, являясь экранами, искажают принимаемую информацию. В предлагаемом способе
 25 заполнением веществом 6 свободного пространства скважины 2 исключают отжим горной породы (нет места для отжима) и, следовательно, ее расслоение. В качестве вещества 6 предполагается использовать сравнительно дешевые смеси, например графитового порошка и малого объема связующего его компонента, например эпоксидной смолы. В смеси до ее отверждения можно поддерживать давление,
 30 компенсирующее горное давление, из-за чего скважина 2 оказывает наименьшее влияние на состояние горной породы. Упругие и электромагнитные волны проходят непосредственно через вещество 4. Поэтому такая система приема волн обладает высокой чувствительностью.

Предлагаемый способ позволяет получать достоверную информацию о
 35 дополнительных нагрузках, которые породный массив способен гарантированно выдержать без внезапных динамических проявлений.

(57) Формула изобретения

1. Способ оценки напряженного состояния горных пород, включающий прием от
 40 трещин электромагнитных и упругих волн, оценку напряженного состояния горных пород, отличающийся тем, что трещины создают направленными возрастающими ударными нагрузками на горную породу и фиксируют их появление по частотному спектру электромагнитных и упругих волн, а напряженное состояние горной породы оценивают по значению удельного усилия той из указанных нагрузок, при которой
 45 напряжение в горной породе достигает предела ее прочности.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что направленные возрастающие ударные нагрузки на горную породу создают сбрасыванием груза в нисходящую вертикальную скважину.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что нисходящую скважину возле ее забоя предварительно заполняют пластичным веществом.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что временные функции указанных нагрузок определяют по параметрам исходящих от них упругих волн.

5 5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что дополнительно определяют изменение во времени значения удельного усилия той из указанных нагрузок, при которой напряжение в горной породе достигает предела ее прочности.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для приема от трещин упругих и электромагнитных волн используют скважину с поданным в нее электропроводящим
10 веществом, электрическое сопротивление которого зависит от давления в нем.

15

20

25

30

35

40

45

Способ оценки
напряженного состояния
горных пород

