

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2435955

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010120117

Приоритет изобретения 19 мая 2010 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 декабря 2011 г.

Срок действия патента истекает 19 мая 2030 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК

E21C39/00 (2006.01)

G01N3/08 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2010120117/03, 19.05.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **19.05.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **19.05.2010**(45) Опубликовано: **10.12.2011**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **ГОСТ 21153.3-85, Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении, раздел 3 "Метод разрушения образцов произвольной формы встречными сферическими инденторами" от 27.11.1985. SU 1627698 A1, 15.02.1991. SU 1037130 A1, 23.08.1983. SU 1399662 A1, 30.05.1988. SU 1213196 A1, 23.02.1986. SU 1694894 A1, 30.11.1991. US 4444058 A, 24.04.1984. WO 2010008647 A1, 21.01.2010.**

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2, СПГГИ (ТУ), отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

**Коршунов Владимир Алексеевич (RU),
Карташов Юрий Михайлович (RU),
Козлов Владимир Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД**

(57) Реферат:

Изобретение относится к физико-механическим испытаниям материалов и может быть использовано при инженерно-геологических изысканиях. Техническим результатом является повышение точности определения предела прочности при одноосном растяжении горных пород. Способ определения предела прочности при одноосном растяжении горных пород заключается в нагружении образца стальными встречно направленными сферическими инденторами и определении разрушающей силы и площади поверхности разрыва. При этом дополнительно определяют площади поверхностей зон разрушенной породы в областях контакта с инденторами. Предложена формула для вычисления предела прочности при одноосном растяжении, учитывающая разрушающую силу, площади поверхности разрыва и большей из зон разрушенной породы. 2 ил., 1 табл.

Изобретение относится к физико-механическим испытаниям материалов и может быть использовано при инженерно-геологических изысканиях.

Известен способ косвенного определения предела прочности при одноосном растяжении разрушением цилиндрических образцов сжатием по образующим («ГОСТ 21153.3-85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении. 2. Метод разрушения цилиндрических образцов сжатием по образующим»), заключающийся в том, что к цилиндрическому образцу прикладывают разрушающую силу через стальные встречно направленные плоские плиты или клинья вдоль его образующих, лежащих в одной плоскости, и определяют площадь поверхности разрыва.

Недостаток способа состоит в трудоемкости подготовки цилиндрических образцов, удовлетворяющих определенным требованиям к размерам, а также к прямолинейности и шероховатости поверхностей.

Известен способ косвенного определения прочности при точечном нагружении, заключающийся в том, что к образцу прикладывают разрушающую силу через встречно направленные закругленные конические инденторы и определяют форму и размеры поверхности разрыва, проходящей через ось нагружения («Z.T.Bieniawski The point-load test in geotechnical practice»). Engineering Geology, 9 (1975), pp 1-11).

Недостаток способа состоит в низкой точности определения прочности при растяжении из-за того, что он не учитывает влияние на результаты определения прочности при растяжении площади поверхности разрыва, проходящей через ось нагружения, и сжимающих напряжений, возникающих в области контакта образца с коническими инденторами.

Известен способ косвенного определения предела прочности при одноосном растяжении разрушением образцов произвольной формы встречными сферическими инденторами («ГОСТ 21153.3-85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении. 3. Метод разрушения образцов произвольной формы встречными сферическими инденторами»), принимаемый за прототип и заключающийся в том, что к образцу прикладывают разрушающую силу через стальные встречно направленные сферические инденторы и определяют площадь поверхности разрыва, проходящей через ось нагружения. Предел прочности при одноосном растяжении σ_p рассчитывают по формуле

$$\sigma_p = 7,5 \cdot \frac{P}{S} \cdot K$$

МПа; где P - разрушающая сила, кН; S - площадь поверхности разрушения образца, см²; K - безразмерный масштабный коэффициент, устанавливаемый в зависимости от величины площади поверхности разрушения S.

Недостаток этого способа состоит в низкой точности определения прочности из-за того, что он не учитывает влияние сжимающих напряжений, возникающих в областях контакта образца со сферическими инденторами.

Технический результат заключается в повышении точности определения предела прочности при одноосном растяжении горных пород разрушением образцов произвольной формы встречными сферическими инденторами за счет учета реального предельного напряженного состояния горных пород в образцах в области контакта со сферическими инденторами.

Технический результат достигается тем, что в способе определения предела прочности при одноосном растяжении горных пород, включающем приложение к образцу разрушающей силы через стальные встречно направленные сферические инденторы и определение площади поверхности разрыва, проходящей через ось нагружения, в разрушенном образце дополнительно определяют площадь поверхности зон разрушенной породы в областях контакта с обоими сферическими инденторами, а

$$\sigma_p^k = \frac{2 \cdot P}{S + F}$$

предел прочности при одноосном растяжении σ_p^k рассчитывают по формуле где P - разрушающая сила; S - площадь поверхности разрыва; F - площадь поверхности большей из зон разрушенной породы в областях контакта со сферическими инденторами.

Предложенный способ поясняется фиг.1, на которой представлена схема нагрузочного устройства для реализации способа, и фиг.2, на которой представлена схема измерения площади поверхностей разрыва и зон разрушенной породы в областях контакта со сферическими инденторами.

Нагрузочное устройство известной конструкции обеспечивает соосное приложение силы к образцу через стальные сферические инденторы диаметром 15 мм. Корпус 1 устройства представляет собой неподвижную жесткую силовую раму, внутри которой на оси нагружения 00 размещается подвижная пара штоков 2 с вкладышами 3. Вкладыши содержат стальные встречно направленные сферические инденторы 4 для передачи нагрузки на образец 5.

Реализация предложенного способа производится следующим образом.

Нагрузочное устройство размещают на опорной плите испытательной машины (пресса). Образец в виде куска горной породы произвольной, в том числе неправильной формы, с минимальным размером не менее 20 мм и максимальным размером не более 100 мм, устанавливают между инденторами и равномерно нагружают до разрушения в форме разрыва по поверхности S, проходящей через ось нагружения.

В процессе испытания по мере роста нагрузки на поверхности образца под инденторами образуются и развиваются лунки вдавливания 6. Под лунками образуются эллипсоидальные зоны разрушенной

измельченной породы 7. Эти зоны развиваются в процессе нагружения вглубь образца, увеличиваясь в размерах. Вследствие неоднородности вещественного состава и строения, а также анизотропности, присущих горным породам, происходит неравномерное увеличение зон разрушенной породы в областях контакта с инденторами. Более интенсивно развивается зона разрушений в слабой по прочности области. Вызывающая разрушение образца трещина отрывается возникает при достижении предельного напряженного состояния на границе большей из зон разрушенной породы, смыкается со второй зоной и прорастает до поверхности.

В момент раскола образца фиксируют максимальную (разрушающую) силу P .

После испытания в разрушенном образце измеряют характерные линейные размеры поверхности разрыва, например, штангенциркулем. По характерным линейным размерам вычисляют площадь поверхности разрыва S .

Затем в разрушенном образце дополнительно измеряют характерные линейные размеры зон разрушенной породы на контакте со сферическими инденторами. Таковыми могут служить линейные размеры зон в продольном и поперечном направлениях относительно оси нагружения - глубина зон от исходной поверхности образца h и максимальный диаметр зон D . Учитывая сравнительно небольшие линейные размеры зон разрушенной породы (как правило, около 5-10 мм) при их измерении целесообразно пользоваться увеличительными стеклами либо фотографировать изучаемые поверхности образца совместно с масштабной линейкой.

Вычисляют площадь поверхностей зон разрушенной породы на контакте с обоими инденторами F_1 и F_2 по формулам

$$F_1 = \pi \cdot D_1 \cdot h_1;$$

$$F_2 = \pi \cdot D_2 \cdot h_2.$$

Выбирают большее из двух значений площади поверхностей зон разрушенной породы на контакте с инденторами F_1 и F_2 .

Рассчитывают величину предела прочности при одноосном растяжении σ_p^k по формуле

$$\sigma_p^k = \frac{2 \cdot P}{S + F}$$

Теоретическим обоснованием способа служат результаты анализа с использованием построения паспорта прочности горных пород (оггибающей предельных кругов Мора).

Экспериментально доказано, что при нагружении сферическими инденторами предельное напряженное состояние в образце на границе зоны разрушенной породы соответствует сдвигу в момент образования трещины разрыва (статья «Коршунов В.А. Определение показателей объемной прочности образцов горных пород при их нагружении сферическими инденторами. Горная геомеханика и маркшейдерское дело: Сборник научных трудов. - СПб.: ВНИМИ, 1999. - М-во топлива и энергетики РФ, РАН, - с.70-75»). Это предельное напряженное состояние удовлетворительно оценивается величиной сцепления

$$\tau_0 = \sqrt{\sigma_p \cdot p} \quad \text{и углом внутреннего трения} \quad \varphi_0 = \arctg\left(\frac{p - \sigma_p}{2 \cdot \sqrt{p \cdot \sigma_p}}\right), \quad \text{где растягивающее}$$

напряжение разрыва образца $\sigma_p = P/S$ и радиальное сжимающее напряжение на границе зоны разрушенной породы $p = P/F$.

Если оггибающую предельных кругов Мора в области действия растягивающих напряжений принять в первом приближении прямолинейной, то круг Мора, характеризующийся минимальным главным

нормальным напряжением, равным $-\sigma_p^k$, соответствует предельному напряженно-деформированному состоянию чистого сдвига.

Результаты испытаний цилиндрических образцов в условиях сложных напряженных состояний свидетельствуют о том, что максимум прочности на растяжение каменных (скальных) материалов наблюдается при напряженном состоянии, соответствующем деформации чистого сдвига (монография «И.Г.Гончаров. Прочность каменных материалов в условиях различных напряженных состояний. Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, Л. - М., 1960, 124 с.»). Таким образом, определяемая согласно предлагаемому способу величина прочности при растяжении по своему физическому смыслу соответствует величине предела прочности при одноосном растяжении для конкретных условий нагружения образца сферическими инденторами.

Экспериментальным обоснованием способа служат результаты сопоставления значений предела прочности при одноосном растяжении нескольких проб горных пород, определенных предлагаемым способом, способом-прототипом и наиболее точным и надежным косвенным способом определения предела прочности при одноосном растяжении (в соответствии с ГОСТ 21153.3-85, раздел 2). При проведении испытаний были использованы механический испытательный пресс ЦДМ 10, рассчитанный на нагрузку до 100 кН с погрешностью $\pm 0,5$ кН, и нагрузочные устройства - аксиатор БУ11 и соосник

БУ64. Среднеарифметические значения предела прочности при одноосном растяжении горных пород, определенные сравниваемыми способами, представлены в таблице 1.

Таблица 1				
№ п/п	Литологический состав пробы горных пород	Среднеарифметические значения предела прочности при одноосном растяжении, МПа		
		предлагаемый способ	разрушение образцов произвольной формы сферическими инденторами, (в соответствии с ГОСТ 21153.3-85, раздел 3)	разрушение цилиндрических образцов сжатием по образующим, (в соответствии с ГОСТ 21153.3-85, раздел 2)
1	2	3	4	5
1	Доломит	6,87	2,78	7,71
2	Туфф	1,70	1,34	1,92
3	Песчаник с брекчией	0,16	0,08	0,21
4	Песчаник	0,42	0,22	0,54
5	Аргиллит	0,24	0,19	0,43
6	Аргиллит	0,66	0,35	0,76
7	Алевролит	0,93	0,49	1,06
8	Кимберлит	8,84	2,69	7,63

Реализация предлагаемого способа существенно повышает точность определения предела прочности при одноосном растяжении горных пород простым, доступным и весьма производительным методом разрушения образцов произвольной формы сферическими инденторами.

Формула изобретения

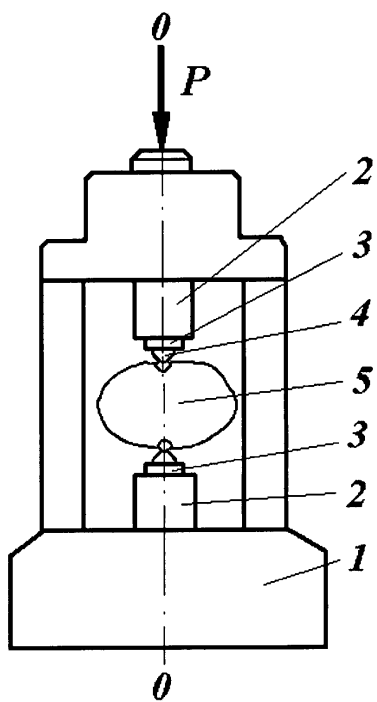
Способ определения предела прочности при одноосном растяжении горных пород, включающий приложение к образцу разрушающей силы через стальные встречно направленные сферические инденторы и определение площади поверхности разрыва, проходящей через ось нагружения, отличающийся тем, что в разрушенном образце дополнительно определяют площадь поверхности зон разрушенной породы в областях контакта с обоими сферическими инденторами, а предел прочности при одноосном растяжении σ_p^k рассчитывают по формуле

$$\sigma_p^k = \frac{2 \cdot P}{S + F},$$

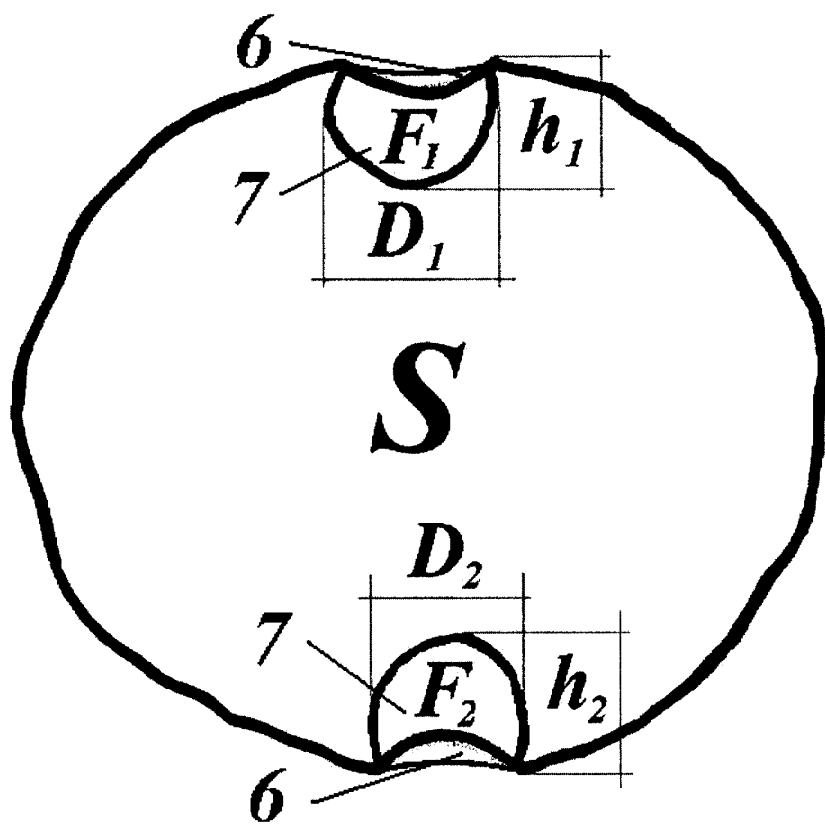
где P - разрушающая сила;

S - площадь поверхности разрыва;

F - площадь поверхности большей из зон разрушенной породы в областях контакта со сферическими инденторами.



Фиг. 1



Фиг. 2