

МИНЕРАЛОГИЯ

М. И. КОЙФМАН

ПРОЧНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ВЫСОКОЙ СТОЙКОСТИ

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 25 IX 1940)

Физические и механические свойства горных пород служили предметом систематических и массовых исследований, проведенных в различное время во всех странах. Механическая прочность минералов изучена очень мало. Причина этого лежит в трудности, а иногда и невозможности получения и изготовления необходимых для испытаний образцов правильной формы достаточно большого размера.

Детальному изучению подвергнут только вопрос о механической прочности каменной соли, служившей и сохраняющей до настоящего времени роль основного объекта экспериментальных и теоретических исследований свойств кристаллов, реальной и теоретической прочности и т. д. Из других минералов частично исследованы кварц, корунд, полевой и плавленый шпат. Единичные опыты с этими минералами произведены Киршем⁽¹⁾, Фойгтом⁽²⁾, Ринне⁽³⁾, Берндтом⁽⁴⁾, Шулером и Димшкером⁽⁵⁾.

Трудность измерений усилий, разрушающих образцы правильной формы, вызывает стремление к оценке механических свойств минеральных веществ более простыми способами. Для этой цели обычно пользуются методами, заключающимися в раздроблении некоторого количества материала в виде кусков или зерен неправильной формы в определенных, стандартных условиях. Критерием стойкости служит при этом степень измельчения, определяемая путем сравнения гранулометрического состава продуктов разрушения с начальной величиной частиц испытуемого вещества.

В результате опытов, проведенных в 1937 г., автором установлено, что непосредственные определения усилий, разрушающих индивидуальные минеральные зерна, могут дать хорошие результаты.

Совершенно ясно, что случайная форма минеральных частиц несколько осложняет осуществление таких опытов. Однако, будучи выполненными в большем, по сравнению с обычным, количестве, эти определения дают статистические средние, ярко характеризующие механические свойства минералов. Несмотря на то, что число измерений, необходимых для получения характерных средних величин, должно составлять 15—25, их осуществление требует в совокупности затраты значительно меньшего времени и работы по сравнению с единичными испытаниями механической прочности тел правильной формы.

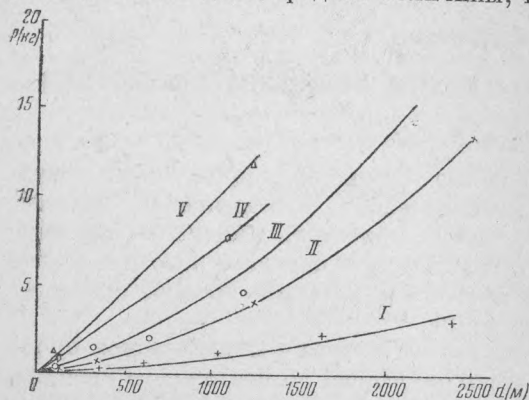
Измерения усилий, разрушающих минеральные частицы, было произведено нами посредством миниатюрного рычажного прессы. Нагрузка,

вызывавшая раздробление, передавалась на стержень (непосредственно или при помощи рычага) и измерялась пружинным динамометром.

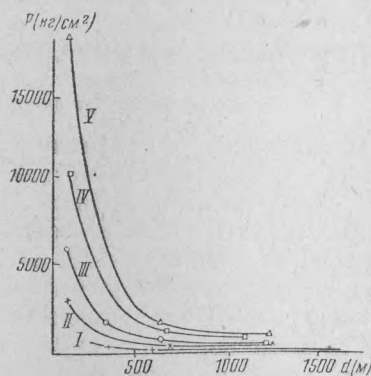
Измерения сопротивления раздроблению кварца, корунда, искусственного корунда и карбида кремния в виде зерен неправильной формы размером 0,1 мм дали следующие показатели прочности, отнесенные к единице площади среднего сечения:

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Кварц | 2 800 кг/см ² |
| Корунд Семиз-Бугу | 6 000 » |
| Искусственный корунд | 10 000 » |
| Карбид кремния | 18 600 » |

Исследования сопротивления раздроблению зерен кальцита, кварца, природного и искусственного корунда, а также карбида кремния размером 0,1—2 мм дали средние величины, представленные в виде кривых на



Фиг. 1. Нагрузка, разрушающая зерна кальцита (I), кварца (II), природного (III) и искусственного (IV) корунда и карбида кремния (V) размером 90—2 500 μ. (Средняя арифметическая.)



Фиг. 2. Разрушающая нагрузка (средняя арифметическая), отнесенная к площади поперечного сечения зерен кальцита (I), кварца (II), природного (III) и искусственного (IV) корунда и карбида кремния (V) размером 90—1 500 μ.

фиг. 1. Значения разрушающих нагрузок, отнесенные к площади наибольшего поперечного сечения минеральных частиц, даны на фиг. 2.

Уравнения, выражающие зависимость разрушающей нагрузки (мода кривой распределения P) от среднего поперечника зерен d , таковы:

| | |
|--------------------------------|---|
| Кальцит | $P=0,95 \cdot 10^{-3}d+0,91 \cdot 10^{-7}d^2$ |
| Кварц | $P=1,80 \cdot 10^{-3}d+8,80 \cdot 10^{-7}d^2$ |
| Природный корунд | $P=3,40 \cdot 10^{-3}d+3,50 \cdot 10^{-7}d^2$ |
| Искусственный корунд | $P=5,60 \cdot 10^{-3}d+5,80 \cdot 10^{-7}d^2$ |
| Карбид кремния | $P=6,70 \cdot 10^{-3}d+2,0 \cdot 10^{-7}d^2$ |

Общий вид этих уравнений

$$P = ad + bd^2,$$

где b значительно меньше, чем a (в 10^3 — 10^4 раз), соответствует аналогичным уравнениям, выражающим сопротивление разрыву тонких нитей от их диаметра.

Малые минеральные зерна обладают, следовательно, значительно большей относительной механической прочностью по сравнению с более крупными минеральными частицами.

Установленный факт увеличения сопротивления раздроблению при сжатии с уменьшением размеров позволяет расширить значение зако-

номерностей, установленных для прочности тонких кварцевых и других нитей. С уменьшением линейных размеров растет, следовательно, не только сопротивление этих нитей разрыву, но и сопротивление минеральных частиц раздроблению при сжатии.

Если для тонких нитей увеличение прочности с уменьшением размеров начинает проявляться в резкой форме в области 0,005—0,01 мм, то при раздроблении сжатием величина тела начинает заметно сказываться при уменьшении поперечника зерен от 0,3 до 0,1 мм и менее.

То обстоятельство, что исследования влияния величины на прочность горных пород проводились до сих пор над телами больших размеров (20—100 мм и более), является, таким образом, причиной неудачных и противоречивых результатов этих работ.

Институт минерального сырья
Москва

Поступило
25 IX 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Kirsch, Mitt. der techn. Gewerbe-mus, Wien (1891). ² W. Voigt, Wied. Ann., 48, 663 (1893). ³ F. Rinne, Centralbl. f. Mineral., Geol. u. Palaeont., 263 (1902). ⁴ G. Berndt, Verh. Deutsch. phys. Gesellsch., 19, 314 (1917). ⁵ M. Schuler u. A. Dimpker, ZS. f. Instrumentenk., 55, 63 (1935).