

## ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ЭЛЕКТРОДОВ НА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Дмитриев Д.О., Дацкевич С.Ю., Журков М.Ю.

Научный руководитель: Важов В.Ф., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30

E-mail: teps@sibmail.com

В ТПУ открыт и разрабатывается для промышленного применения новый электроимпульсный (ЭИ) способ разрушения горных пород и искусственных материалов (бурение, дробление, резание и др.) [1]. Способ имеет ряд существенных преимуществ перед традиционными способами разрушения:

- 1) Эффективное разрушение крепких и сверх крепких минеральных образований;
- 2) Высокая износостойкость инструмента;
- 3) Отсутствие промежуточных трансформаций энергии.

Рабочим инструментом является электродная система, которая может иметь различные размеры и конфигурацию. В литературе имеются сведения о влиянии размеров и формы электродов при пробое и разрушении диэлектриков и горных пород [2], поэтому есть необходимость исследовать эффективность разрушения горных пород в зависимости от формы и размеров электродных систем.

Целью работы является определение влияния формы электродов на характеристики электроимпульсного разрушения.

Условия проведения экспериментов: использовалась двухэлектродная система с расстояниями между электродами  $S = 100$  мм,  $S = 120$  мм,  $S = 140$  мм; энергия запасаемая ГИН 5000 Дж и напряжением  $U = 600$  кВ. Необходимо отметить, что в процессе испытаний для реализации эффективного разрушения в указанном диапазоне расстояний между электродами, запасаемая энергия и напряжение ГИН значительно превосходили ранее используемые.

Для проведения исследований разработан и изготовлен испытательный стенд. Он состоит из:

- металлического бака диаметром 1000 мм, высотой 600 мм, объемом 471 л;
- выемной ячейки;
- электродной системы, состоящей из двух стержневых электродов диаметром 10 мм, которые имеют три степени свободы при перемещении;
- высоковольтного кабеля типа КПВ-200;
- рабочей жидкости.

В выемную ячейку устанавливается образец гранита ориентировочным размером  $(500 \div 600) \times (400 \div 500) \times (350 \div 400)$  мм. Все эксперименты проведены на граните с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протождяконова  $f = 16 \div 17$ .

Эксперименты проводились с использованием ГИН, описанного выше, при емкости в разряде  $C = 0.04$  мкФ. Измерения зарядного напряжения

$U_3$ , пробивного напряжения  $U_{пр}$ , тока пробоя  $I_{пр}$ , энергии, запасенной ГИН,  $W_3$ , времени до пробоя  $t_{пр}$  производились после воздействия каждого импульса.

Число опытов для каждого  $S$  не менее 6. Следует отметить значительную дисперсию параметров разрушения, что характерно для горных пород в связи с их высокой гетерогенностью.

Для каждого опыта производился расчет:

- энергии, запасаемой ГИН,  $W_{зап}$ , Дж;
- энерговклада  $M = \frac{W_{зап}}{S}$ , Дж/мм, где  $S$  - расстояние между электродами в мм;
- производительности разрушения  $Q = \frac{V}{n}$ , см<sup>3</sup>/имп, где  $V$  - объем откольной воронки,  $n$  - число воздействующих импульсов;
- энергозатрат  $W_{уд} = \frac{W_{зап} \cdot n}{V}$ , Дж/см<sup>3</sup>.

Нами для экспериментального сравнения выбраны три относительно простых двухэлектродных формы с расстоянием между электродами  $S = 100$  мм: «стержень-стержень» с диаметром стержней 10 мм, «стержень-пластина» (диаметр стержня 10 мм, пластина длиной 250 мм, шириной 20 мм, толщиной 5 мм), «пластина-пластина» (длина пластины 90 мм, ширина 20 мм, толщина 5 мм).

По полученным экспериментальным данным построили зависимость производительности разрушения от числа воздействующих импульсов для различных электродных систем (рис. 1).

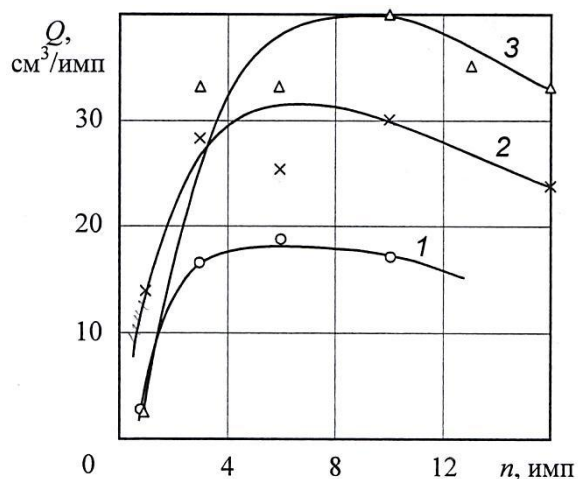


Рис. 1. Зависимость производительности разрушения от числа импульсов для разных электродных систем 1 - «стержень-стержень», 2 - «стержень-пластина», 3 - «пластина-пластина»

Производительность возрастает с увеличением числа воздействующих импульсов. При этом для системы «стержень-стержень» максимальная производительность соответствует шести импульсам, а для системы «пластина-пластина» - десяти импульсам. Но самое главное - переход от стержневых электродов к пластинчатым значительно увеличивает производительность разрушения: относительное увеличение максимальной производительности для пластинчатых электродов по сравнению со стержневыми составило для электродов «стержень-пластина» 1.7 раза, для «пластина-пластина» - 2.28 раза. Зависимость производительности разрушения от формы электродов (рис. 2) показывает закономерное увеличение производительности для всех воздействующих импульсов (кроме первого) при переходе к пластинчатым электродам.

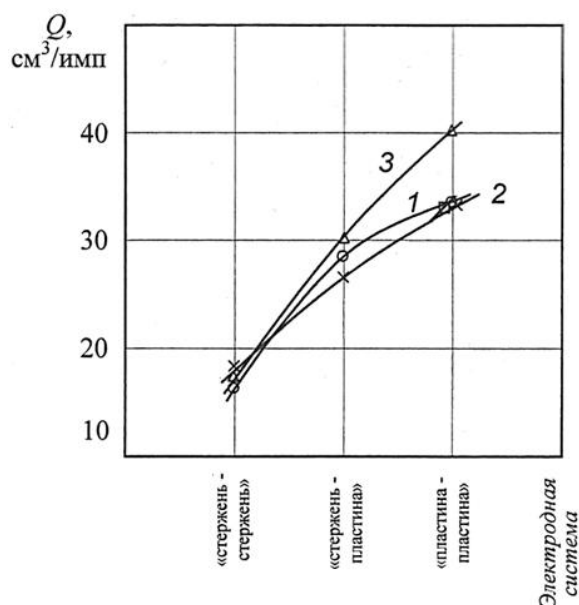


Рис. 2. Зависимость производительности разрушения от формы электродов:  
1 -  $n = 3$  имп, 2 -  $n = 6$  имп, 3 -  $n = 10$  имп

Важным параметром электроимпульсного разрушения, имеющим практический интерес, является глубина внедрения (разрушения) канала разряда в твердое тело. Глубина внедрения априори меньше глубины разрушения особенно для горных (хрупких) пород. Теоретически глубина внедрения при единичных воздействиях составляет  $H_0 = 0.32S/1$ . Отмечено, что с увеличением  $S$  относительная глубина внедрения уменьшается до  $0.2S$  и менее. Практически для гетерогенных горных пород глубина разрушения для первых трех импульсов имеет значительный разброс. Средние значения относительной глубины разрушения для всех испытанных нами электродных систем при  $n=3$  имп составляют  $0.21 S \div 0.23S$ .

Увеличение числа воздействующих импульсов приводит к возрастанию глубины разрушения. При  $n=16$  имп средняя относительная глубина разрушения достигает  $0.48S$ , что практически в 2 раза больше, чем при  $n=3$  имп (рис. 3.)

При незначительном отличии глубин разрушения для различных электродных систем производительность разрушения существенно возрастает при переходе от электродов «стержень-стержень» к электродам «пластина-пластина» (рис. 1, 2). Этот эффект, в первую очередь, связан с увеличением площади разрушения (ширины откольной воронки) для электродов «пластина-пластина» при  $n \sim \text{const}$ .

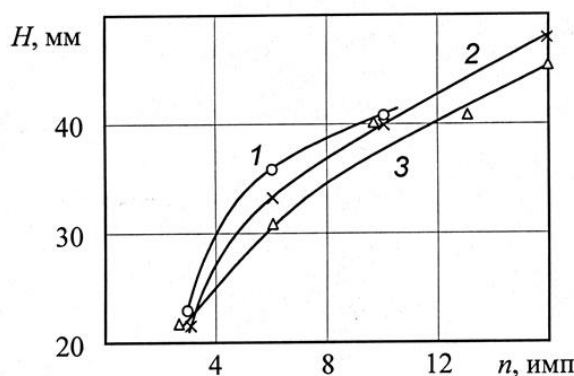


Рис. 3. Зависимость глубины разрушения от числа импульсов для разных электродных систем:  
1 - «стержень-стержень», 2 - «стержень-пластина», 3 - «пластина-пластина»

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- 1) форма электродов влияет на характеристики разрушения горных пород (гранита);
- 2) пластинчатые электроды имеют существенно лучшие характеристики разрушения, чем стержневые.

#### Список литературы:

1. Семкин Б.В., Усов Ю.Ф., Курец В.И. Основы электроимпульсного разрушения материалов. СПб.: Наука, 1995. - 276 с.
2. Справочник по электротехническим материалам: В 3 т. Т. 1/Под ред. Ю. В. Корицкого и др. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 368 с.: ил.