

УДК 535:621.373.836

В.И. Букатый, В.О. Перфильев

## Воздействие мощного излучения CO<sub>2</sub>-лазера на гранит и мрамор

### Введение

В настоящее время существует много работ по воздействию лазерного излучения на материалы, например [1–5]. Большой интерес вызывает изучение действия лазерного излучения на гранит и мрамор. С одной стороны, эти материалы являются очень широко распространенными и часто используются в строительстве в качестве декоративных материалов. С другой стороны, при воздействии лазерного излучения на гранит нужно учитывать, что он является многокомпонентным материалом, а при воздействии на мрамор то, что при нагревании его до температуры 897°С происходит термическая диссоциация. Таким образом, воздействие мощного лазерного излучения с данными материалами является достаточно сложным, малоизученным процессом, слабо освещенным в литературе и поэтому требует дополнительного исследования.

Целью данной работы было получение экспериментальных данных, характеризующих основные закономерности при воздействии подвижного и неподвижного лазерного источника мощностью <100 Вт на гранит и мрамор и оценка их дальнейшего практического применения.

### Материалы и методика эксперимента

При проведении экспериментов использовалась установка с программным управлением. Установка содержит ПЭВМ Pentium-166, двухкоординатный самописец ЭНДИМ 622.01 с оптической системой, состоящей из двух зеркал и фокусирующей линзы (использовались две линзы с фокусным расстоянием 7 и 14 см), CO<sub>2</sub>-лазер непрерывного действия типа ЛГН-703 (мощность излучения не более 100 Вт, время срабатывания электромагнитного затвора лазера 10 мс), программно-управляемое устройство сопряжения компьютера с самописцем и лазером.

При проведении экспериментов производилась фокусировка лазерного пучка, при которой фокальное пятно располагалось на поверхности материала. Диаметр пятна  $d_f$  в фокальной области линзы при фокусном расстоянии  $F = 14$  см равен 0,6 мм, а при  $F = 7$  см – 0,3 мм. Его размер находился известным образом [1], по соотношению  $d_f = 2Ftg \frac{\Phi}{2}$ , где  $\Phi$  – полный угол расходимости светового пучка. Мощность лазерного излучения

измерялась измерителем средней мощности и энергии ИМО-2, максимальная погрешность которого при измерении мощности не превышает 7%, а ширина и глубина зоны воздействия – с помощью измерительного микроскопа.

Исследовались два вида гранитов и один мрамор. Гранит розовый калишпатовый – среднезернистой структуры, массивной текстуры и гранит серый биотитовый (с Высокогорного месторождения) – среднезернистый, массивной текстуры. Мрамор белого цвета (с Кабит-Кордонского месторождения), среднезернистой равномерно зернистой структуры, массивной текстуры [6–8].

### Результаты и обсуждение

Были проведены эксперименты по изучению влияния скорости перемещения лазерного луча ( $v$ , мм/с) относительно обрабатываемого материала и мощности лазерного излучения ( $P$ , Вт) на ширину ( $h$ , мм) и глубину ( $l$ , мм) прорезаемой линии. Результаты экспериментов приведены на рисунках 1–5.

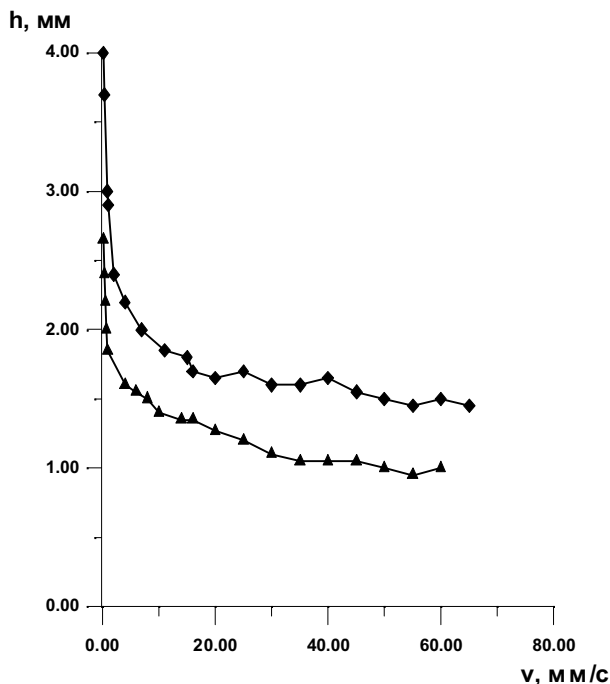


Рис 1. Зависимость ширины линии от скорости перемещения лазерного луча.

Серый гранит ( $F = 14$  см).

◆ – 92 Вт, ▲ – 50 Вт

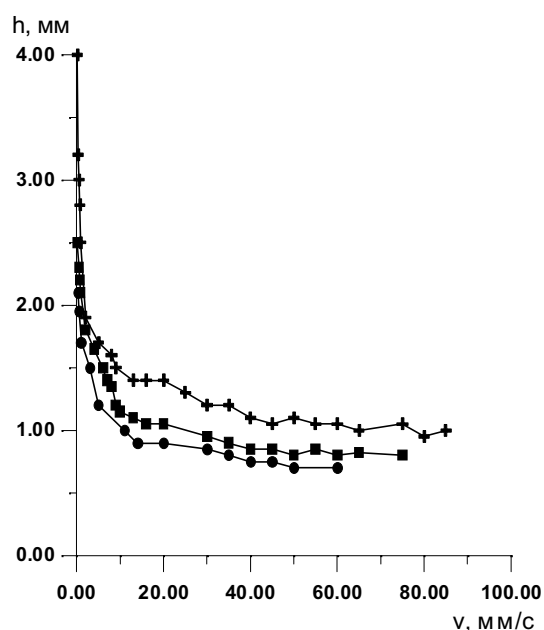


Рис. 2. Зависимость ширины линии от скорости перемещения лазерного луча.

Красный гранит ( $F = 14$  см).  
+ – 105 Вт, ■ – 80 Вт, ● – 57 Вт

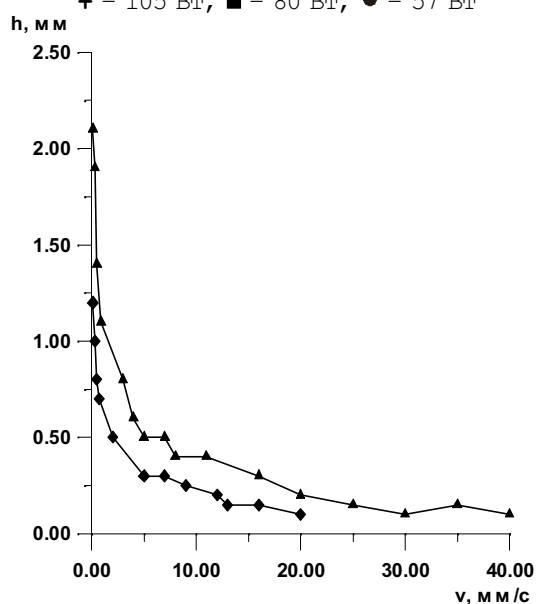


Рис 4. Зависимость глубины линии от скорости перемещения лазерного луча.

Мрамор ( $F = 14$  см).  
▲ – 90 Вт, ◆ – 60 Вт

Из рисунков видно, что при  $F = 14$  см и малых скоростях перемещения лазерного луча (до 10 мм/с) ширина прорезаемой линии резко уменьшается, а затем выходит на постоянный уровень, который обрывается при достижении скорости некоторого предела  $v_n$ , после которого материал перестает разогреваться до температуры плавления. При понижении мощности уменьша-

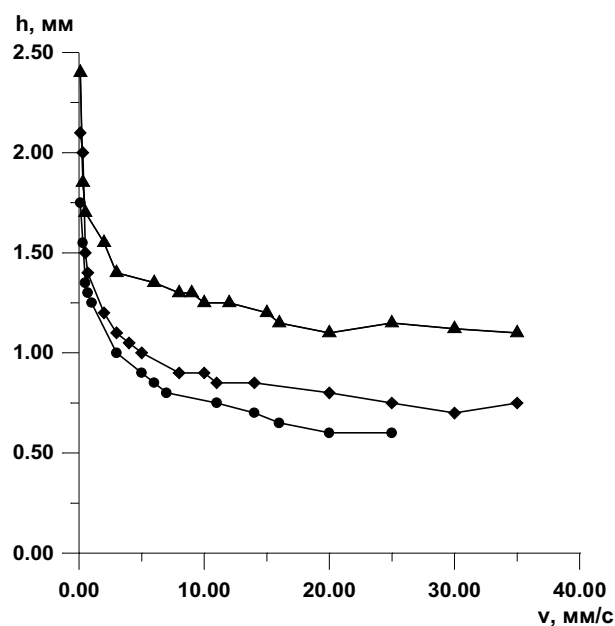


Рис. 3. Зависимость ширины линии от скорости перемещения лазерного луча.

Мрамор ( $F = 14$  см).  
▲ – 105 Вт, ◆ – 80 Вт, ● – 60 Вт

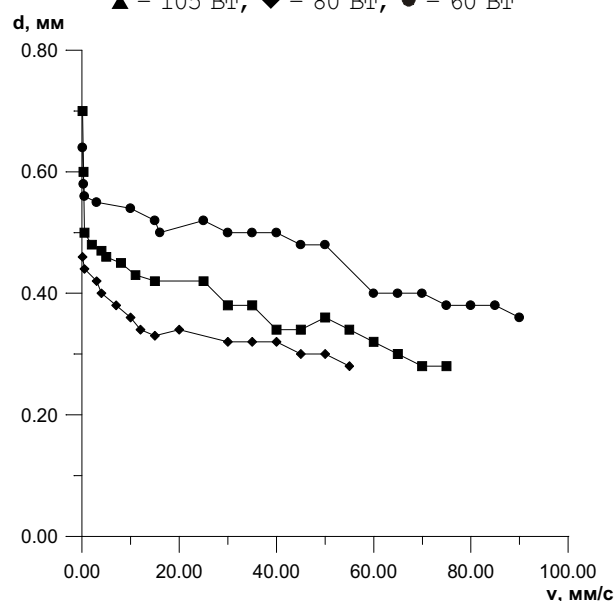


Рис 5. Зависимость ширины линии от скорости перемещения лазерного луча.

Мрамор ( $F = 7$  см).  
● – 85 Вт, ■ – 60 Вт, ◆ – 50 Вт

ется ширина прорезаемой линии, что на рисунках выражается в смещении кривых вниз и уменьшении  $v_n$ .

Изучалось влияние времени воздействия неподвижного лазерного источника и мощности лазерного излучения на ширину ( $d$ , мм) и глубину образующих при этом лунок. Результаты экспериментов приведены на рисунках 6–10.

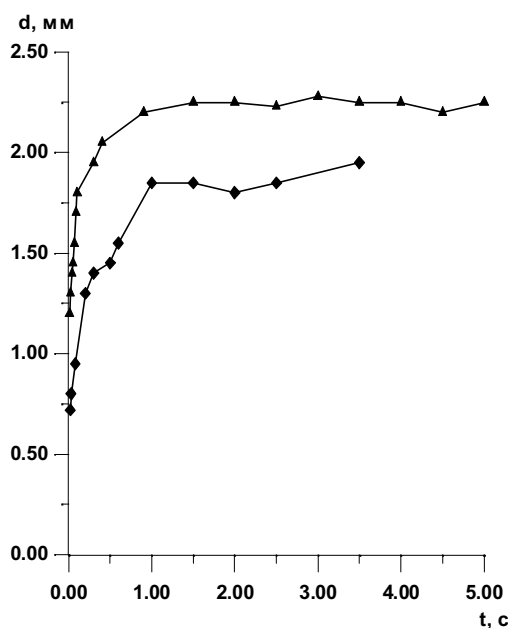


Рис. 6. Зависимость диаметра пятна от времени воздействия лазерного луча.  
Серый гранит ( $F = 14$  см).  
▲ – 92 Вт, ◆ – 60 Вт

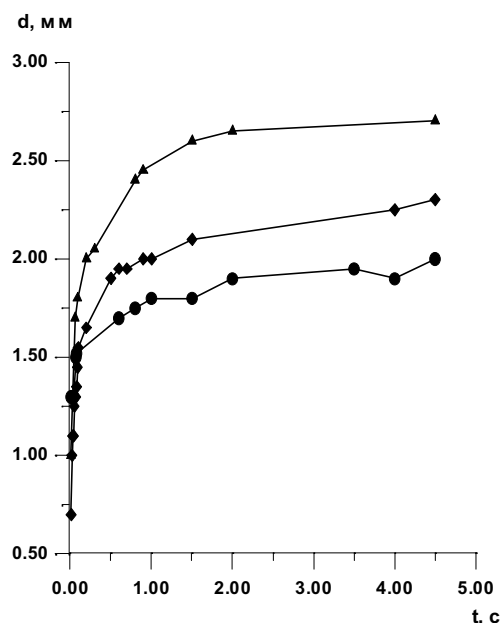


Рис. 7. Зависимость диаметра пятна от времени воздействия лазерного луча.  
Красный гранит ( $F = 14$  см).  
▲ – 105 Вт, ◆ – 80 Вт, ● – 60 Вт

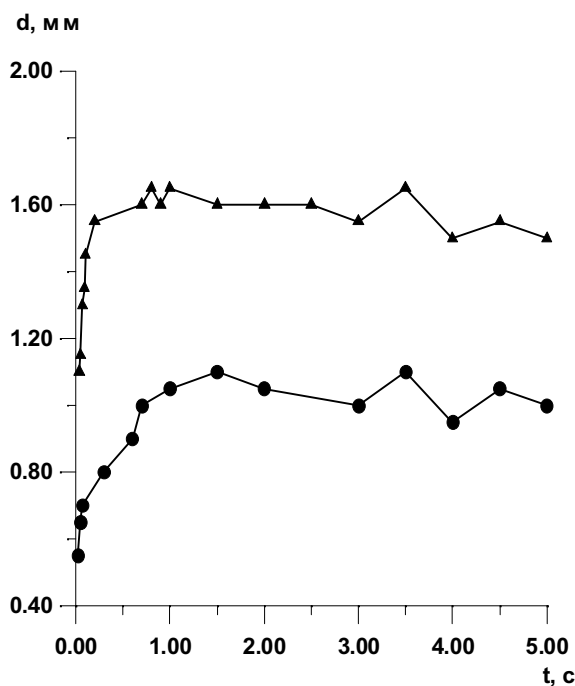


Рис. 8. Зависимость диаметра пятна от времени воздействия.  
Мрамор ( $F = 14$  см).  
▲ – 90 Вт, ● – 50 Вт

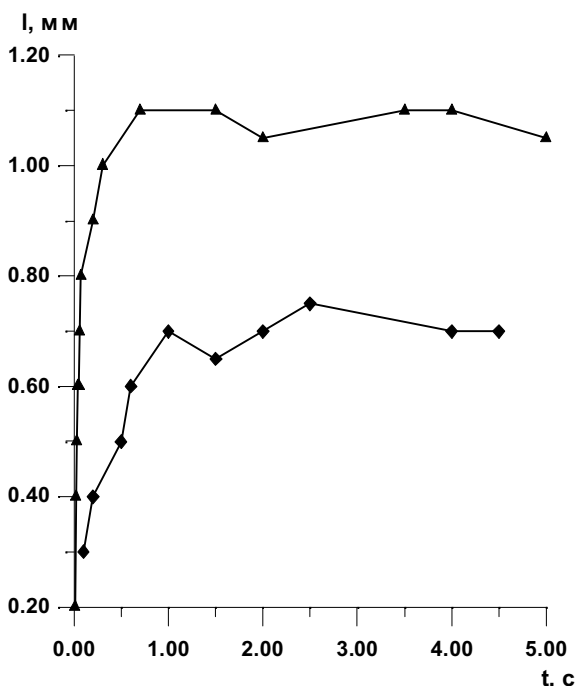


Рис. 9. Зависимость глубины пятна от времени воздействия.  
Мрамор ( $F = 14$  см).  
▲ – 90 Вт, ● – 50 Вт

Из рисунков следует, что вначале с увеличением времени воздействия диаметр лунки для гранитов и глубина для мрамора резко возрастают и выходят на некий постоянный уровень.

При воздействии как подвижного, так и неподвижного лазерного источника на поверхность гранитов (при  $F = 14$  см) происходило только их

плавление. Так как температура кипения основных компонентов гранитов кварца, олигоклаза, альбита более  $1800^\circ\text{C}$  [8], то процесс кипения отсутствовал.

В отличие от гранитов для мрамора при температуре  $897^\circ\text{C}$  происходят реакция термической диссоциации  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  и выделение уг-

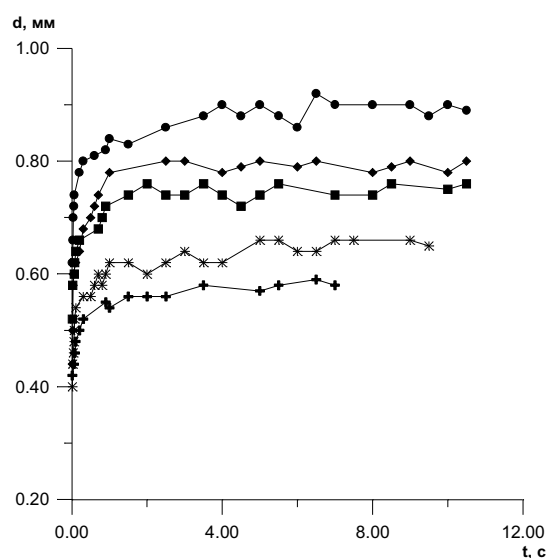


Рис 10. Зависимость диаметра пятна от времени воздействия. Мрамор ( $F = 7$  см).  
 ● – 110 Вт, ◆ – 100 Вт, ■ – 85 Вт,  
 ✱ – 60 Вт, + – 50 Вт

лекистого газа при давлении 0,1 МПа [8]. Края лунок имеют ровную поверхность.

Было обнаружено, что после обработки мрамора при больших временах воздействия и малых скоростях перемещения лазерного луча в основном на третий день происходит скалывание краев в местах обработки. Это можно объяснить наличием остаточных термонапряжений и тем, что остатки CaO реагируют с H<sub>2</sub>O, продукты реакции расширяются.

### Выводы

Из полученных результатов следует, что использование CO<sub>2</sub>-лазера обеспечивает достаточную скорость поверхностной обработки гранита и мрамора. Особенно большая эффективность достигается при лазерном воздействии на мрамор.

Оснащение установки устройством программно-управляемого перемещения лазерного луча расширяет возможности обработки данных материалов по сложному контуру.

### Литература

1. Рыкалин Н.Н. Лазерная обработка материалов. М., 1975.
2. Григорянц А. Г., Соколов А. А. Лазерная обработка неметаллических образцов. М., 1988.
3. Рэди Дж. Действие мощного лазерного излучения. М., 1974.
4. Мачулка Г.А. Лазерная обработка стекла. М., 1979.
5. Бендюков В.В., Шевцова Л.А., Юнак Ю.И. Разрушение композиционных теплозащитных покрытий лазерным излучением // ФХОМ. 1999. №3.
6. Неметаллические ископаемые СССР / Под ред. А.Е. Фермана. Т. 5. М., 1945.
7. Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам. М., 1980.
8. Свойства неорганических соединений: Справочник / Под ред. А.И. Ефимова. Л., 1983.