

И. А. Риль, В. Н. Храмов

**ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФОКУСИРОВКИ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА
НА ПАРАМЕТРЫ ЛАЗЕРНОЙ ПЕРФОРАЦИИ ОТВЕРСТИЙ**

Волгоградский государственный университет

ivan.ril@mail.ru, vladimir.khramov@volsu.ru

Автор, ответственный за переписку:

Владимир Николаевич Храмов, vladimir.khramov@volsu.ru

В работе приведены результаты реализации лазерной технологической установки и экспериментального исследования влияния продольного смещения фокусировки лазерного пучка полупроводникового лазера в течение времени облучения на процесс лазерной перфорации отверстий в неметаллических мишенях. Экспериментально определена оптимальная скорость смещения продольной динамической фокусировки для получения максимальной глубины отверстий для двух материалов (полипропилен и гетинакс (микарта)). Выбор оптимальной скорости продольного перемещения сфокусированного пучка в проведенном эксперименте позволил увеличить глубину отверстий от 30 % до 50 % по сравнению со статической фокусировкой.

Ключевые слова: лазерные технологии, управление параметрами лазерной установки, лазерная перфорация

I. A. Ril', V. N. Khramov

THE INFLUENCE OF THE DYNAMIC FOCUSING OF THE LASER BEAM ON PARAMETERS OF THE HOLES LASER PERFORATION

Volgograd State University

The paper presents the results of the implementation of a laser technological setup and an experimental study of the effect of longitudinal shift of the focusing of a semiconductor laser beam during the irradiation time on the process of laser perforation of holes in non-metallic targets. The optimal speed of shifting the longitudinal dynamic focusing to obtain the maximum depth of holes for two materials (polypropylene and micarta) has been experimentally determined. The choice of the optimal speed of longitudinal movement of the focused beam in the experiment allowed increasing the depth of the holes from 30 % to 50 % compared to static focusing.

Keywords: laser technologies, control of laser setup parameters, laser perforation

При реализации лазерных технологий типа сварки, перфорации отверстий, гравировки, маркировки и т. п., как правило, положение фокусировки лазерного пучка остается неизменным в процессе воздействия лазерного излучения на образец [1; 2]. В данной работе представлены экспериментальные результаты по влиянию динамического продольного смещения фокуса лазерного пучка на параметры лазерной перфорации отверстий в неметаллических мишенях. В эксперименте использовались два образца обрабатываемых материалов: полипропилен и гетинакс (микарта). Используемый лазер: непрерывный полупроводниковый фиолетовый лазерный модуль с выходной мощностью 0,5 Вт, работающий на длине волны 405 нм.

На рис. 1 представлена блок-схема экспериментальной установки. Лазерный модуль 1 размещался на электромеханическом блоке вертикального перемещения 6 3D-принтера Creality Ender-3 7. Образцы для осуществления лазерной перфорации 2 размещались на неподвижном столе 3D принтера. Установленный на 3D-принтере шаговый двигатель Nema-17 подключен к разработанной плате управления, в основе которой лежит микроконтроллер Atmega-8. Задача разработанного блока электроники 5 заключалась в том, чтобы исполнять команды, поступающие посредством UART с персонального компьютера. Основное управление работой установки осуществляется не на самом устройстве, а непосредственно в разработанном под Windows программном обеспечении. Подключение шагового двигателя к управляющей плате осуществлялось посредством разработанной силовой платы, основанной на драйверах шаговых двигателей A4988. Видеокамера 3 вместе с блоком регистрации 4 использовались для начальной автофокусировки лазерного пучка на мишень [3]. Погрешность начальной автофокусировки не превышала 3 %.

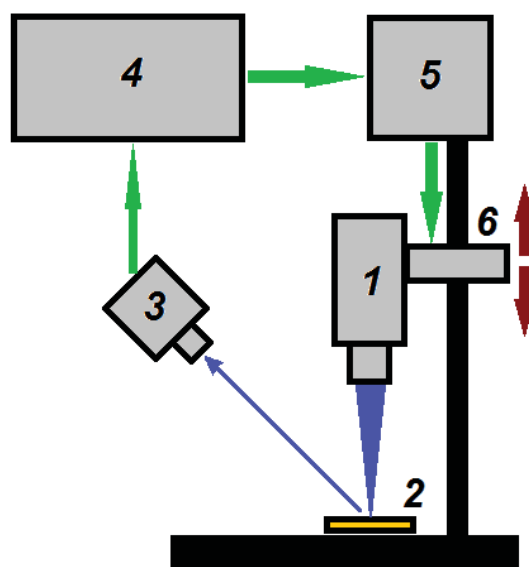


Рис. 1. Блок-схема лазерной технологической установки:
1 – лазер; 2 – мишень; 3 – видеокамера; 4 – блок регистрации;
5 – блок управления; 6 – блок механического перемещения;
7 – 3D-принтер

Методика эксперимента заключалась в следующем. При неподвижном положении лазерного модуля за определенное время воздействия лазерного излучения в мишени формировался кратер. В этом случае лазерный пучок фокусировался на поверхности мишени. Глубина кратера и его диаметр измерялись с помощью инструментального микроскопа МБП-3.

Эта процедура повторялась на новом месте этой же мишени, но с определенной скоростью вертикального (продольного) перемещения лазерного модуля. Скорость перемещения варьировалась от 0,2 мм/мин до 1 мм/мин с шагом 0,2 мм/мин. Время воздействия и угол фокусировки оставались постоянными во всех случаях.

Графики зависимости глубины отверстия (кратера) от продольной скорости перемещения сфокусированного пучка для двух образцов (полипропилен и гетинакс) представлены на рис. 2. Кружками на графиках отмечены статические значения глубины отверстий.

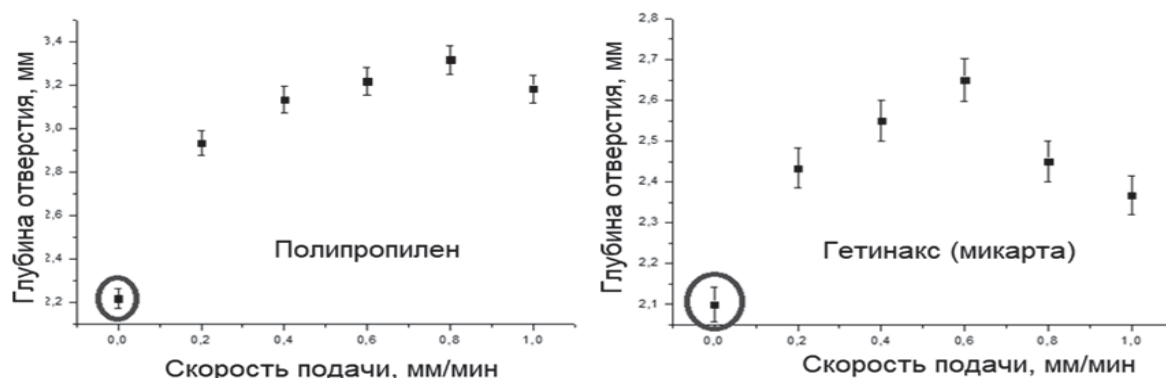


Рис. 2. Графики зависимости глубины отверстия (кратера) от продольной скорости перемещения сфокусированного пучка для двух образцов (полипропилен и гетинакс)

Исследование показало, что глубина полученного отверстия без осевого смещения лазерного модуля была минимальной. С увеличением скорости продольного перемещения лазерного источника происходит постепенное увеличение глубины получаемого отверстия до тех пор, пока скорость перемещения не станет оптимальной (при такой скорости достигается максимальная глубина отверстия). При дальнейшем увеличении скорости подачи глубина полученного отверстия уменьшается.

По полученным данным измерений глубины и диаметра кратера был определен коэффициент кинжалности [1; 2] – отношение глубины отверстия к его диаметру (рис. 3). Эффект «кинжалности» заключается в том, что глубина отверстия растет быстрее, чем диаметр [2]. Это позволяет получить более глубокие отверстия при слабо возрастающем диаметре, что и было продемонстрировано в данном эксперименте.

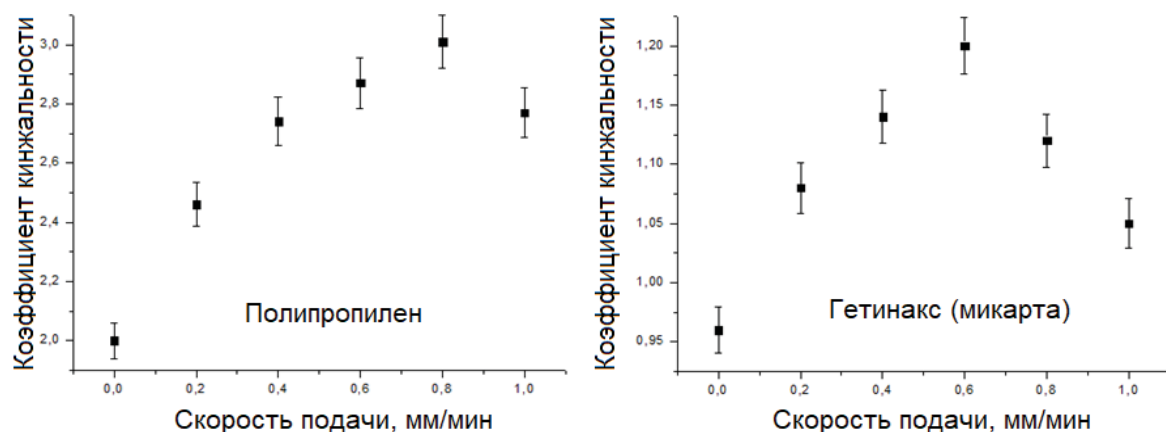


Рис. 3. Графики зависимости коэффициента кинжалности от продольной скорости перемещения сфокусированного пучка для двух образцов (полипропилен и гетинакс)

Из представленных зависимостей видно, что выбор оптимальной скорости продольного перемещения сфокусированного пучка позволяет увеличить глубину отверстий и коэффициент кинжалности от 30 % до 50 %. Эти выводы справедливы для обоих исследуемых материалов.

Таким образом, экспериментальным путем были получены оптимальные параметры технологического процесса получения максимальных значений глубины отверстия и коэффици-

ента кинжалности для выбранных материалов (полипропилен, гетинакс (микарта)). Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что зависимость параметров перфорированных отверстий от продольного смещения фокуса действительно существует. Оптимальные параметры процесса и скорости перемещения лазерного модуля могут быть установлены для различных материалов. Все это способствует повышению эффективности использования лазерных станков для различных технологиче-

ских процессов, включая резку, гравировку, маркировку и пробивку отверстий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для вузов / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров; под ред. А. Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с.

2. Веденов, А. А. Физические процессы при лазерной обработке материалов / А. А. Веденов, Г. Г. Гладуш. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 208 с.

3. Atamanyuk, R. G., Khramov V. N., Ril' I.A. Research of the influence of the longitudinal displacement of the laser beam focusing on the laser perforation process. International Symposium: Optics & Biophotonics 2020 (Conference on Laser Physics and Photonics XXII). September 29 – October 2, 2020. Saratov, Russia.