

## ИЗМЕНЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СТЕКЛА

*Джепаров Д.А., Аджиаметов Д.Р., Измаилова Г.М.*

*Крымский инженерно – педагогический университет имени Февзи Якубова,  
г.Симферополь*

**Ключевые слова:** лазер, глубина реза, фокусировка, длина волны, органическое стекло.

**Аннотация.** В статье выясняются особенности изменения глубины проплавления при не сквозной резке. На образцах из органического стекла определена частота изменения глубины проплавления при резке непрерывным CO<sub>2</sub>- лазером с длиной волны излучения 10,6 мкм. Изучена зависимость частоты изменения глубины проплавления от скорости реза при фиксированной мощности излучения лазера и глубины фокусировки. Установлена линейная зависимость данных параметров в диапазоне скорости реза от 40 до 100 мм/сек.

## CHANGE IN THE PENETRATION DEPTH DURING LASER CUTTING OF ORGANIC GLASS

*Dzheparov D.A., Adjiametov D.R., Izmailova G.M.*

*Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov,  
Simferopol*

**Keywords:** laser, depth of cut, focus, wavelength, organic glass.

**Abstract.** The article clarifies the peculiarities of changing the depth of penetration when not through cutting. On samples made of organic glass, the frequency of change in the depth of penetration was determined when cutting with a continuous CO<sub>2</sub> laser with a radiation wavelength of 10.6 microns. The dependence of the frequency of change in the penetration depth on the cutting speed is studied for a fixed laser radiation power and focusing depth. A linear dependence of these parameters in the range of cutting speed from 40 to 100 mm / sec is established.

**Постановка проблемы.** Органическое стекло (оргстекло), или полиметилметакрилат (ПММА) – акриловая смола это, синтетический виниловый полимер метилметакрилата, термопластичный прозрачный пластик. Одним из оптических свойств его является высокая поглощающая способность в области длинноволновой области спектра, что позволяет изучить процесс резки лазерным излучением CO<sub>2</sub> – лазером с длинной волны излучения 10.6 мкм. Однако при резке лазерным излучением наблюдается периодическое изменение глубины проплавления разрезаемого материала, то есть образуется структура пиков на дне лазерного реза. Эта структура является дефектом лазерного реза, которую надо учитывать при необходимости сквозного реза. Образование пиков происходит с определенной частотой, которая может быть определена по образцам, получаемым в органическом стекле оптически прозрачным. Интерес так же представляет форма и размер пичков. В данной статье рассмотрен способ резки (ПММА) с помощью CO<sub>2</sub> – лазера. Лазерная резка – это безотходный, современный метод, обеспечивающий точность среза до 0,01мм, может осуществляться на больших скоростях, и при этом режущий инструмент с оргстеклом не соприкасается.

**Анализ литературы.** Основные принципы лазерной резки описаны в нескольких специальных монографиях [1-4]. Лазерной обработке неметаллических материалов рассмотрена в работе [5]. Модель и теория образования пиков, то есть изменение глубины реза при электронно-лучевой обработке материалов описаны в [6]. В монографии [7] исследованы динамические явления в сварочной ванне и механизм образования дефектов – пичковости и подреза при воздействии лазерного излучения на оптически прозрачный материал ситтал.

В пособии [8] изложены физические основы лазерных технологических операций, связанных с обработкой материалов, в том числе физические процессы при лазерной обработке неметаллических материалов.

В большинстве этих работ констатируется факт возникновения неравномерности глубины проплавления при электронно-лучевой и лазерной обработке материалов. Изменение формы пичков не рассматривается. В работах [7,8] рассматриваются модели возникновения пичковости.

**Цель работы.** Основной целью данной работы является определение зависимости частоты и характера изменения глубины проплавления органического стекла от скорости резки лазерного излучения CO<sub>2</sub> лазера.

**Изложение основного материала.** Для экспериментов был использован CO<sub>2</sub> лазерно-гравировальный станок непрерывного действия DirTec 9060 имеющий максимальную мощность 100 Вт, длину волны излучения 10,6 мкм, фокусное расстояние 63,5 мм, диаметр фокусного пятна 0,2 мм, с перетяжкой 3мм и скорость перемещения излучателя от 0 до 200 мм/с.

На специально подготовленных образцах органического стекла были проведены лазерные резы длиной по 20мм при постоянной мощности  $P = 40\text{Вт}$ , при постоянной глубине фокусировки 1,5мм от поверхности материала. Скорость перемещения излучателя изменялась, от 3 мм/с, для первого реза, до 100 мм/с для последнего.

Измерение между пичками осуществлялось при помощи отсчетного микроскопа МПБ-2, с увеличением – 24х и ценой деления шкалы окуляра – 0,05мм.

На рисунке 1 показаны пички трех образцов.

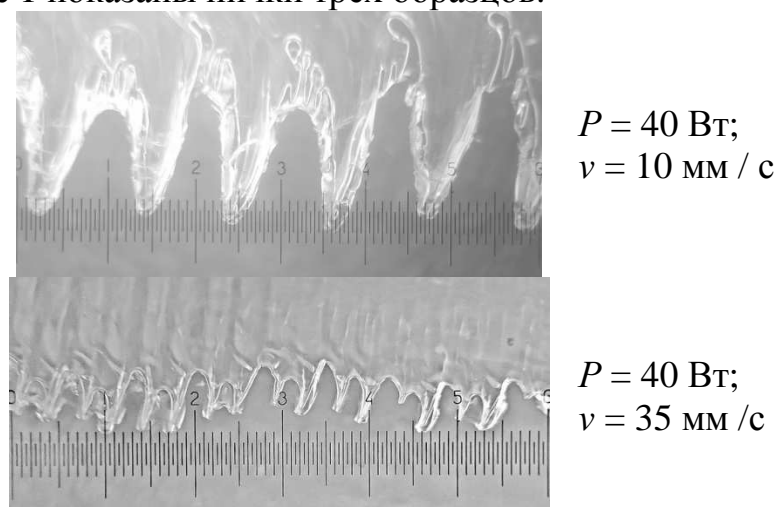


Рис. 1. Пички трех образцов

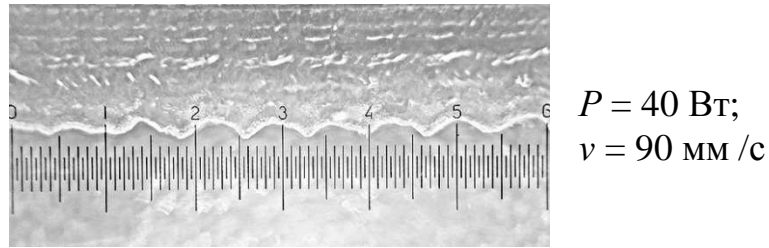


Рис. 1. Продолжение

По полученным данным проводился расчет частоты образования пиков по формуле [4]

$$f = v / a,$$

где  $f$  – частота [Гц];  $v$  – скорость [мм/сек];  $a$  – среднее расстояние между пиками [мм].

На рисунке 2 показан график зависимости частоты образования пиков на дне лазерного реза от скорости резки.

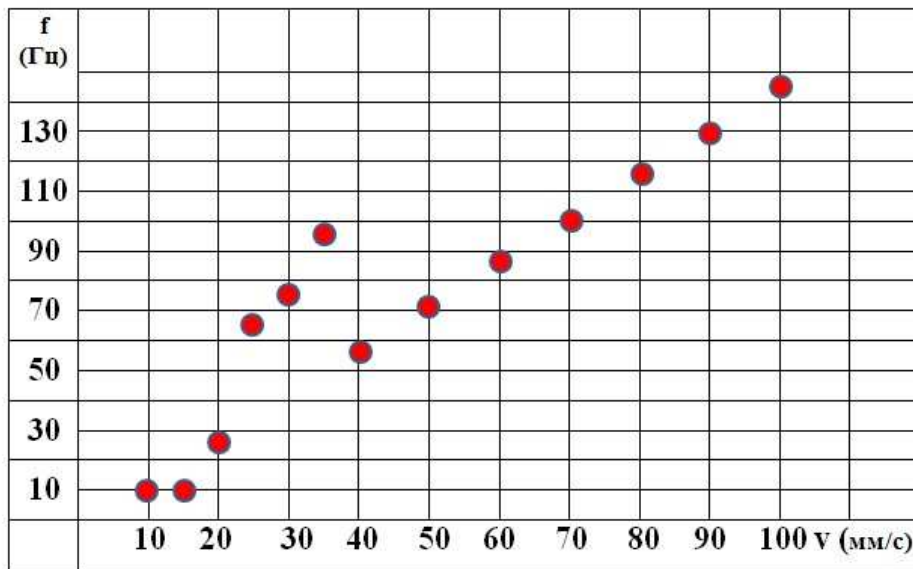


Рис. 2. Зависимость частоты образования пиков от скорости резки

### Выводы

1. При не сквозной резке наблюдается изменение глубины проплавления материала, то есть образование пиковой структуры дна реза.

2. Образование пиков происходит с некоторой частотой, которая зависит от скорости резки при постоянной мощности.

3. При резке на больших скоростях происходит сглаживание пиков, а их размер составляет доли миллиметров.

### Список литературы

1. Коваленко В.С. Механизм резки металлов излучением CO<sub>2</sub> – лазера / В.С. Коваленко, В.В. Романенко // Технология и автоматизация машиностроения. – 1982. – №30. – С. 29-34.
2. Ковалев, О.Б. Физические основы лазерной резки толстых листовых материалов / О.Б. Ковалев, В.М. Фомин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 256 с.
3. Оришич А.М. Актуальные проблемы физики лазерной резки металлов / А.М. Оришич, В.М. Фомин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 176 с.
4. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: справочник / Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, И.В. Зуев, А.Н. Кокора. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

5. Григорьянц А.Г., Соколов А.А. Лазерная обработка неметаллических материалов: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 191с.
6. Зуев И.В. Основы электронно-лучевой обработки материалов: Учебное пособие / И.В. Зуев, Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
7. Измаилова Г.М. Проплавление лазерным лучом: монография. – Симферополь: ИП Хотеева Л.В., 2020. – 100 с.
8. Лосев В.Ф. Физические основы лазерной обработки материалов: учебное пособие / В.Ф. Лосев, Е.Ю. Морозова, В.П. Ципилев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 199 с.

Сведения об авторах:

*Джепаров Диявер Айдерович* – магистрант, КИПУ имени Февзи Якубова, г.Симферополь;

*Аджиаметов Динар Рефатович* – магистрант, КИПУ имени Февзи Якубова, г.Симферополь;

*Измаилова Гульнар Мустафаевна* – к.т.н., доцент, КИПУ имени Февзи Якубова, г.Симферополь.