

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(национальный исследовательский университет)»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАЗЕРНОЙ
ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ**

Электронное методическое пособие

САМАРА
2010

Составители: АНИПЧЕНКО Леонид Андреевич

Методические указания предназначены для студентов направления 160301 и должны использоваться при выполнении лабораторной работы и магистерской программы «Энергетика, экология и двигательные установки ракетных и космических систем» по направлению 160700.68 «Двигатели летательных аппаратов».

В лабораторной работе рассмотрена принципиальная схема обработки деталей с помощью лазерной установки. Приведены зависимости значений геометрических параметров заготовок от мощности излучения лазерной установки и физико-механических свойств материалов.

Методические указания разработаны на кафедре производства двигателей летательных аппаратов.

**© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения.....	4
2. Работа и устройство лазерной технологической установки с излучателем на твердом теле.....	4
3. Закономерности образования отверстий.....	6
4. Содержание работы.....	6
5. Порядок выполнения работы.....	7
6. Отчет.....	8
7. Техника безопасности при работе с лазерной технологической установкой.....	8
Литература.....	9

Цель работы – практическое ознакомление с лазерной технологической установкой с излучателем на твердом теле и изучение технологических возможностей лазера при получении микроотверстий.

1. Общие сведения

Получение микроотверстий – одна из трудоемких операций в изготовлении деталей авиадвигателей. Для получения микроотверстий используются лазеры импульсного действия с излучателем на твердом теле. С помощью лазера можно получать отверстия в твердых и жаропрочных материалах. Минимальные диаметры отверстий составляют десятки микрон и изготовить их другими методами практически невозможно.

Достоинством метода является также получение глубоких микроотверстий под углом к поверхности с отношением глубины к диаметру до 100.

2. Работа и устройство лазерной технологической установки с излучателем на твердом теле

Лазерная установка "КВАНТ-15", используемая в работе, представляет собой комплекс оптико-механических и электрических устройств, основным звеном которого является оптический квантовый генератор-лазер с активным элементом из кристалла алюмината иттрия, легированного нердимом.

Принцип действия лазера основан на явлении индуцированного излучения световой энергии кристалла активного элемента под действием облучения импульсной лампы.

Для увеличения мощности индуцированного излучения используется эффект многократного прохождения излучения через кристалл активного элемента вследствие отражения от зеркальных поверхностей оптического резонатора. Для создания необходимой плотности энергии световой луч фокусируется на поверхности обрабатываемого изделия системой линз. Импульсная лампа и кристалл охлаждаются водой. Структурная схема установки приведена на рис. 1.

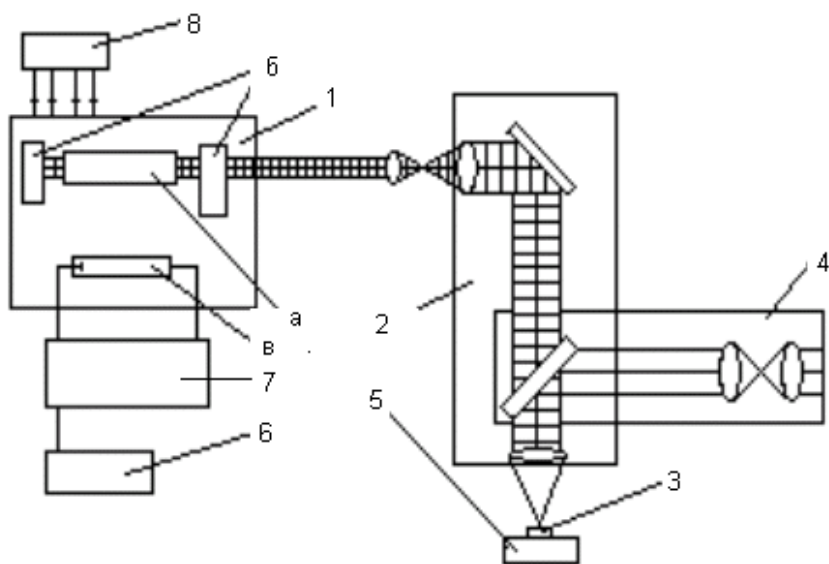


Рис. 1. Структурная схема установки: 1 – излучатель (а – кристалл алюмоиттрия; б – зеркало оптического резонатора; в – импульсная лампа); 2 – оптическая система канала фокусировки излучения; 3 – образец; 4 – оптическая система канала визуального наблюдения; 5 – стол; 6 – система управления работой установки; 7 – система питания лампы вспышки; 8 – блок охлаждения

3. Закономерности образования отверстий

Основными процессами, приводящими к образованию отверстия в материале под действием мощного импульса излучения, являются испарение и плавление вещества. При этом лунка растет в глубину в основном за счет испарения, а по диаметру за счет плавления стенок и вытеснения жидкости избыточным давлением паров.

К моменту окончания импульса образуется отверстие диаметром

$$d = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{W(1-R)}{L}}, \quad (1)$$

где L – теплота испарения материала, Вт/мм³;

W – энергия излучения, Вт;

R – коэффициент отражения материала.

Если диаметр отверстия d значительно превышает размер светового пятна, то формула (1) упрощается:

$$d \approx \sqrt[3]{W \cdot (1-R)}, \quad (2)$$

т. е. диаметр лунки в основном от энергии излучения.

4. Содержание работы

1. Ознакомление с принципом работы лазера на кристалле алюмоиттрия, устройством лазерной технологической установки и требованиями техники безопасности при работе на ней.

2. Изучение характера изменения размеров отверстия в зависимости от энергии излучения.

3. Практическая работа на лазерной технологической установке. Получение зависимостей размеров отверстия от энергии излучения и характеристик обрабатываемого материала.

4. Измерение диаметров отверстий.

5. Сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Оборудование и материалы: лазерная технологическая установка "КВАНТ-15"; образцы стальной и латунной фольги толщиной 0,3...0,4 мм; измерительный микроскоп.

5. Порядок выполнения работы

1. Установить образец (стальная фольга) на рабочий стол, определить положение фокальной плоскости объектива и провести лазерную обработку при различных значениях энергии излучения.

Для этого необходимо:

а) установить образец в фокус оптической системы установки и закрепить его на приспособлении. Вращением винта вертикального перемещения стола добиться изображения поверхности в окуляре;

б) открыть воду;

в) включить тумблер общей установки;

г) включить силовой блок;

д) установить величину напряжения "накопителя";

е) по достижении заданного напряжения на конденсаторах нажатием ножной педали на установке подать импульс излучения;

ж) переместить стол в плоскости обработки вращением винта и получить микроотверстия для каждого из четырех заданных значений энергии: $W = (3,0; 2,4; 1,8; 1,2)$ Дж.

2. Произвести измерения диаметров отверстий для каждого значения W .

3. Выполнить операции, изложенные в пп. 1 и 2 для латунной фольги.

4. По результатам измерений построить экспериментальные зависимости для различных материалов $d_{\text{эсп}} = f(W)$.

5. Сравнить результаты с теоретической зависимостью по формулам (1) и (2). При расчете $d_{\text{теор}}$ принять: R стали = 0,5; R латуни = 0,8; L стали = $5,5 \cdot 10^4$ Дж/мм³; L латуни = $4,4 \cdot 10^4$ Дж/мм³;

$$r = \frac{\alpha f}{2}; \operatorname{tg} \gamma = \frac{D}{f},$$

где $\alpha = 10$ с – угол расхождения пучка;

$f = 100$ мм – фокусное расстояние объектива;

$D = 7$ мм – диаметр пучка излучения.

6. Отчет

1. Начертить структурную оптическую схему лазерной технологической установки.

2. Провести расчет теоретического диаметра отверстия $d_{\text{теор}}$ по формуле (1).

3. Построить экспериментальную и теоретическую зависимость $d = f(W)$ для обоих материалов.

4. Выводы.

7. Техника безопасности при работе с лазерной технологической установкой

При работе с лазерной технологической установкой имеются два источника опасности – высокое напряжение и лазерное излучение. Для безопасной работы необходимо выполнять следующие требования:

1. Запрещается работать на установке, источник питания которой не имеет блокирующих систем и заземления.

2. Запрещается вскрывать установку до полного разряда конденсаторных батарей.

3. Необходимо избегать попадания как прямого, так и отраженного излучения лазера в глаза или на кожу.

Вопросы для самоконтроля

1. Принцип действия лазера.
2. Под действием каких процессов происходит образование отверстий?
3. От какого фактора происходит изменение размеров отверстия?

Литература

1. Вейко В.П., Либенсон М.Н. Лазерная обработка. – Л.: Лениздат, 1973.
2. Лазеры в технологии / Под ред. М.Ф. Стелмаха. – М.: Энергия, 1975.