

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА
(МИИТ)»**

**Кафедра «Технология транспортного машиностроения
и ремонта подвижного состава»**

А.Ю. Попов, А.Г. Мерзликина, А.Ю. Корытов

**КОНСТРУКЦИЯ И РАБОТА ЛАЗЕРНО-
ГРАВИРОВАЛЬНОГО СТАНКА**

**Учебно-методическое пособие к лабораторной работе
по дисциплине**

**«Процессы механической и физико-технической
обработки»**

Москва - 2018

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА
(МИИТ)»**

Кафедра «Технология транспортного машиностроения
и ремонта подвижного состава»

А.Ю. Попов, А.Г. Мерзликина, А.Ю. Корытов

**КОНСТРУКЦИЯ И РАБОТА ЛАЗЕРНО-
ГРАВИРОВАЛЬНОГО СТАНКА**

Учебно-методическое пособие
для студентов направления

25.05.03 «Подвижной состав железных дорог»
специализация «Технология производства и ремонта
подвижного состава»

Москва – 2018

УДК 621.9.048.7

П-58

Попов А.Ю., Мерзликина А.Г., Корытов А.Ю. Конструкция и работа лазерно-гравировального станка: Учебно-методическое пособие к лабораторной работе по дисциплине "Процессы механической и физико-технической обработки". - М.: РУТ (МИИТ), 2018. - 34 с.

В учебно-методическом пособии приводится техническое описание лазерно-гравировального станка модели Rabbit HX-6090SE, изложены основные принципы его работы, область применения и технологические возможности. Рассмотрен порядок выполнения лабораторной работы.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов Института транспортной техники и систем управления, специализирующихся в области технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава.

Рецензент – кандидат технических наук, доцент кафедры «МПСиС» РУТ (МИИТ) В.М.Филимонов.

© РУТ (МИИТ), 2018

1 Цель работы

Ознакомиться с устройством лазерно-гравировального станка, назначением и принципами действия его основных узлов, а также, расположением и назначением органов управления.

Получить представление о операциях и видах работ, выполняемых на лазерно-гравировальных станках.

Определить путем расчетов основные режимы резания при обработке различных материалов при лазерной резке и гравировании. Освоить практические приемы настройки и работы на станке.

2 Правила техники безопасности

При работе на лазерно-гравировальном станке необходимо соблюдать правила техники безопасности. Работы на станке выполняются под наблюдением учебного мастера. Запрещается включать и запускать станок, а также отходить от станка без разрешения учебного мастера. Опасные факторы при работе лазерном станке:

- электрический ток при неисправности электрооборудования станка или заземления его корпуса;
- выделение в процессе работы и повышенная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- ожоги глаз или тела прямым и отраженным лазерным излучением;
- повышенная яркость при осуществлении процесса лазерной резки;
- острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхностях заготовок и деталях;
- высокая температура поверхности обрабатываемых деталей;
- повышенный уровень шума системы вентиляции.

Перед включением станка необходимо убедиться в наличии заземления, проверить наличие диэлектрических ковров на рабочих местах и внешнее состояние изоляции соединительных электрических кабелей. Убедиться в исправной работе системы вентиляции. Убедиться в исправности лазерного станка и работоспособности системы механических блокировок. Принять необходимые меры по исключению попадания лазерного излучения в глаза, на кожные покровы обслуживающего персонала, на зеркальные, металлические и стеклянные поверхности, а также на легковоспламеняющиеся материалы. Не допускаются работы с отражающими металлами, а также материалами, чувствительными к высокой температуре и выделяющими токсичные вещества (например, ПВХ, тефлон, АБС-смолы, полихлоропрен и пр.).

3 Общие сведения о промышленных лазерах

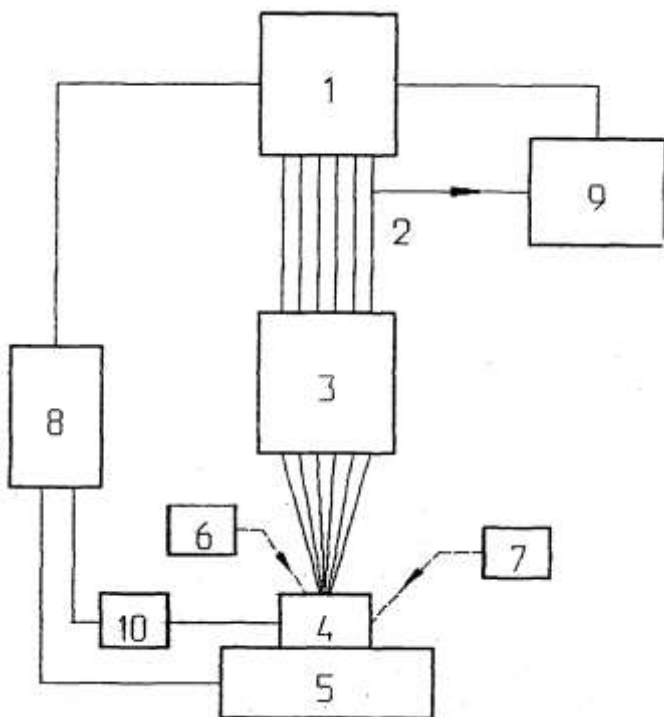
Лазер - это термин - аббревиатура, составленная из начальных букв английской фразы «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation». В переводе это означает «усиление света с помощью вынужденного излучения». «Вынужденность» излучения состоит в том, что оно возникает после стимуляции атомов рабочего вещества внешним электромагнитным полем. За счет многократного отражения в системе зеркал излучение усиливается, и в итоге мы получаем явление, физические свойства которого не имеют аналогов в природе. Лазер преобразует энергию накачки (световую, электрическую, тепловую, химическую и др.) в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока светового излучения с очень большой мощностью.

Для обработки материалов используются твердотельные, газовые, жидкостные, полупроводниковые и другие лазеры. Независимо от типа применяемого лазера и его

назначения лазерные технологические установки состоят из ряда типовых функциональных узлов и имеют общую структурную схему (см. рисунок 1).

Основным источником энергии, обеспечивающим процесс обработки, является лазер (оптический квантовый генератор). Лазерное излучение формируется оптической системой в пучок с определенными пространственными характеристиками и направляется на обрабатываемый объект. При помощи оптической системы могут осуществляться также визуальный контроль положения обрабатываемого объекта относительно луча, наблюдение за ходом процесса обработки и оценка его результата. В лазерной технологической установке имеется также устройство для обеспечения перемещения обрабатываемого объекта в процессе обработки. К достоинствам лазерной обработки относят:

- получение при резке точных линейно-угловых размеров деталей с гладкими кромками (не требующими дополнительного полирования);
- отсутствие размерного износа инструмента – при исправном оборудовании лазерный луч всегда обладает расчётной (полной) мощностью;
- малая область термического воздействия на обрабатываемый материал – луч высокой энергии обеспечивает «точечное» вмешательство в материал заготовки;
- для лазера практически не важна температура, шероховатость и твёрдость поверхности заготовки (в отличие от механической обработки, где физические условия резания оказывают существенное влияние);
- отсутствие шума и вибраций при лазерной обработке (отсутствуют силы резания), поэтому подвижные узлы станка могут быть выполнены облегченными,



1 - лазер (оптический квантовый генератор)

2 - лазерное излучение

3 - оптическая система

4 - обрабатываемый объект

5 - устройство для перемещения обрабатываемого объекта
в процессе обработки

6 – устройство подачи защитного газа

7 – источник вспомогательной энергии

8 – программное устройство

9 – датчик контроля параметров излучения

10 – датчик технологических параметров

Рисунок 1 – Структурная схема лазерной технологической
установки

- что обеспечит большую скорость обработки (лучшие динамические характеристики лёгких подвижных узлов обеспечивает быстроту перемещения);
- отсутствие стружки – под действием лазера обрабатываемый слой материала испаряется и отсасывается вытяжной системой станка (кроме газа, иных отходов не образуется);
 - способность работать с чрезвычайно широким ассортиментом материалов – от металлов до неметаллов (в зависимости от типа лазера);
 - отсутствие механического контакта лазерного луча с заготовкой, следовательно, заготовку не надо надежно закреплять как при лезвийной обработке (необходимо лишь фиксировать);
 - более простой технологический процесс обработки.

Использование лазерной маркировки позволяет наносить миниатюрные высококонтрастные изображения, что обеспечивает хорошую идентификацию продукции и полностью исключает возможность подделки, т.к. лазерную маркировку нельзя вывести или исправить какими-либо химическими составами или кислотами. Лазерную маркировку можно наносить на тонкостенные и хрупкие детали, она устойчива к агрессивному воздействию окружающей среды, не стирается в процессе эксплуатации изделия, не ухудшает коррозионную стойкость и шероховатость поверхности.

Сегодня в современном производстве самых разных сфер деятельности лазерное оборудование занимает если не ключевое место, то весьма значительное и значимое. С ростом мощности и качества изготовления источников лазерного излучения снижается себестоимость их эксплуатации, что способствует большему распространению лазерных технологий и поэтому высокий уровень оснащения качественным лазерным оборудованием сегодня является

одним из основных критериев оценки уровня индустриализации производства.

Благодаря уникальности лазерной технологии технические возможности промышленных производств значительно расширились, в настоящее время лазеры используются в машиностроении для: раскроя металла, камня, пластика, дерева и др. материалов; для шовной и точечной сварки; для пайки; для гравировки и маркировки; для термообработки, упрочнения, наплавки и микролегирования; для сверления тугоплавких металлов и др. операций. Кроме того, лазерные технологии применяются: при линейно-угловых измерениях, в химическом анализе и контроле различных изделий; в рекламе и полиграфии; в микроэлектронике, системах оптоволоконной связи и информационной технике; в навигации и геодезии; в ювелирном деле и художественно-прикладном искусстве; в шоу-бизнесе (для получения объемных изображений – голограмм); в хирургии и косметологии; а также в средствах уничтожения и спасения людей.

Использование лазерной техники и технологий обеспечивает высокую гибкость производства, качественную и большую производительность, экономию энергетических и материальных ресурсов, широкую возможность применения современных конструкционных материалов и т.д. В некоторых случаях лучевые технологии находятся вне конкуренции, так как с помощью лазеров можно получить технические и экономические результаты, которых невозможно достичь другими техническими средствами.

4 Содержание работы

4.1 Основные части, узлы и органы управления лазерно-гравировального станка

Лазерно-гравировальный станок – высокотехнологичная машина, объединяющая в одной конструкции компьютер, лазерную технологию, автоматический контроль, точную механику и оптику. Принцип его работы в том, что по заранее установленному контуру направляется лазерный луч. Лазерно-гравировальные станки широко используются во многих областях: раскройке различных материалов, гравировании, рекламе, электронике и т.д.

В данном станке используется газовый лазер, который заменяет традиционный механический гравер. Если сравнивать эти машины с механическими гравировальными машинами, то лазерные гравировальные машины имеют много преимуществ, основные из которых:

- рабочий материал помещается на поверхность стола, при этом не требуются устройства захвата, что делает работу удобной и эффективной;
- нет специального требования к твёрдости материала, что увеличивает диапазон их применения;
- высокая точность гравирования;
- эффективность работы увеличивается в 2 раза;
- современный и удобный пульт управления;
- в лазерно-гравировальной машине используется современная клавиатура надежная и удобная в работе, объединенная с цифровой системой контроля. Так же используются шаговые двигатели, которые обеспечивают более быструю и высокую точность работы;
- операционный интерфейс обеспечивает лёгкость работы;
- полностью закрывающийся корпус делает машину безопасной.

В данной лабораторной работе используется лазерный станок Rabbit HX-6090 серии SE (см. рисунок 2).

Станок имеет стальной сварной корпус с подвижным порталом, что обеспечивает высокую жесткость и виброустойчивость. Механизм станка состоит из четырёх базовых систем:

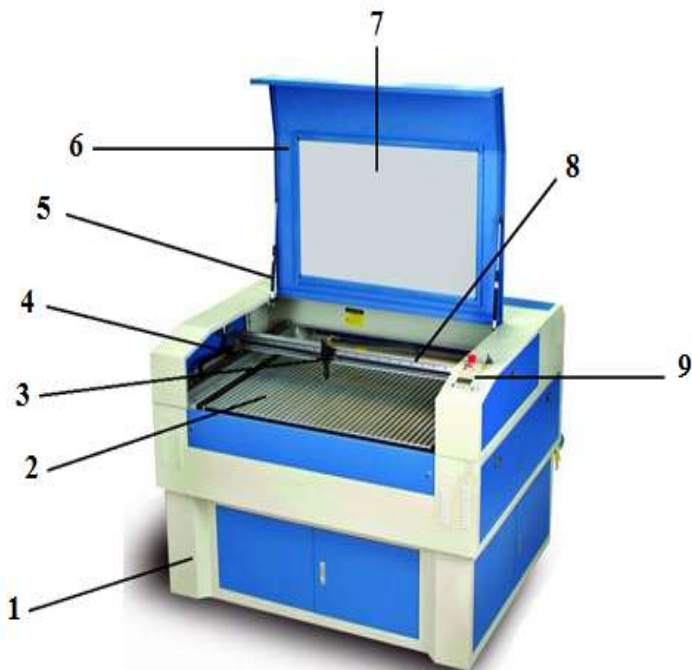
- оптическая система;
- механическая система;
- система контроля;
- системы вспомогательного оборудования.

Оптическая система – это сочетание специализированных элементов оптики, которые преломляют и отражают пучки излучения лазера, чтобы формировать на выходе (в указанной точке) лазерный луч некоторой мощности. Оптическая система состоит:

- лазер CO₂ и его высоковольтный блок питания;
- три передающие зеркала;
- одна фокусирующая линза.

Механическая система состоит из линейных рельсовых направляющих, трехфазных шаговых двигателей и зубчатых ременных передач (по осям X и Y). Для размещения обрабатываемых деталей используется подъемно-опускающийся анодированный алюминиевый реечный рабочий стол. Величина опускания стола составляет 280 мм., что позволяет обрабатывать материалы большой толщины, а также устанавливать специальное поворотное устройство для гравирования на цилиндрических поверхностях. Для подъема и опускания рабочего стола используется шаговый двигатель с цепной передачей.

Система контроля состоит из: материнской платы, блока управления с LCD экраном, высокоскоростных DSP контроллеров шаговых двигателей, блоков питания постоянного тока.



- 1 - нижняя рама
- 2 - рабочее поле
- 3 - лазерная головка
- 4 - направляющая оси – Y
- 5 - амортизатор
- 6 - крышка
- 7 - смотровое окно
- 8 - направляющая оси – X
- 9 - LCD – дисплей с функциональными клавишами

Рисунок 2 – Лазерный станок Rabbit HX-6090SE

Системы вспомогательного оборудования включают: систему водяного охлаждения, воздушный компрессор, вентиляционная система, стабилизатор напряжения.

Работа лазерного оборудования сопряжена с высокотемпературным режимом внутри лазерной трубки и в зоне резания. Функцию предотвращения перегрева лазерной трубки и сопряженных с ней узлов станка несет в себе система водяного охлаждения. Охлаждающая система может состоять из погружного насоса-помпы (производительностью 6 л/мин) и бака 100-150 л. для охлаждающей воды или более современной системы охлаждения с замкнутым контуром на базе чиллера.

Использование воздушного компрессора (производительностью 0,035 МПа) позволяет предотвратить перегрев и загрязнение фокусирующей линзы лазерной головки (защищая от дыма, копоти и др.), что улучшает качество резки и гравировки, а также снижает вероятность воспламенения обрабатываемого материала.

Вентиляционная система (вытяжной дымоулавливатель) в стандартной комплектации сделана по принципу воздушной турбины – «улитки», которая обеспечивает удаление сопутствующих испарений из рабочей зоны, по двум пластиковым гибким шлангам (ф 130 мм.).

Рабочая поверхность лазерного станка оборудована дополнительной лампой освещения для обеспечения удобной и комфортной работы и лучшего контроля за производственным процессом. В крышку лазерного станка вмонтировано тонированное стекло, защищающее от лазерного излучения.

Для удобства обслуживания и настройки у лазерного станка предусмотрены съёмные дверцы, облегчающие доступ к основным узлам и блокам станка. Конструкция станка позволяет производить его разборку на две части (верхнюю и нижнюю), что позволяет устанавливать станок

в помещениях с небольшими дверными проемами и узкими коридорами.

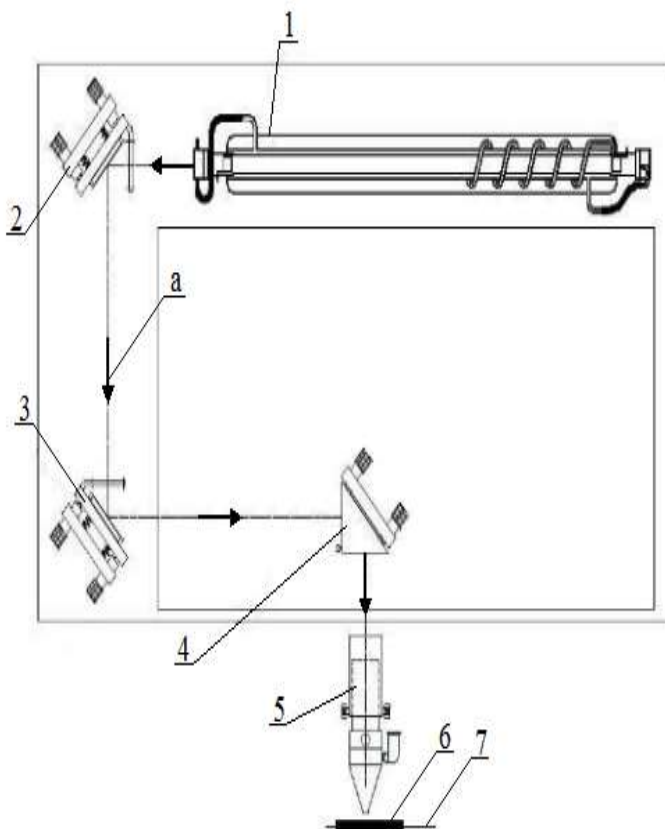
Для обеспечения надежной работы лазерно-гравировальный станок оснащается стабилизатором напряжения АСН-5000, который позволяет дискретно регулировать выходное напряжение в широком диапазоне без изменения формы сигнала.

4.2 Принцип работы лазерно-гравировального станка

Работа лазерно-гравировального станка основана на перемещении лазерного луча по изменяющейся траектории. Лазерная трубка (поз. 1), три передающих зеркала (поз. 2, 3 и 4), лазерная головка и система настройки задают траекторию движения пучка лазерных лучей (см. рисунок 3).

На рисунке 4 показана конструкция оптической системы лазерно-гравировального станка: три отражающих зеркала; механизмы регулировки отражающих зеркал; механизмы крепления отражающих зеркал.

Лазерная трубка - это запаянная колба из стекла, внутри которой находится специальная смесь газов (углекислый газ, гелий, азот, ксенон, водород и др.). Лазерные CO_2 трубки имеют многослойную структуру и состоят из: наружной защитной стеклянной трубки (поддерживающей и защищающей трубку формирования луча), встроенного стеклянного змеевика (для подачи охлаждающей воды) и внутренней двухслойной стеклянной трубки формирования пучка лазерных лучей (между стенками которой прокачивается охлаждающая вода). В стандартный комплект лазерно-гравировального станка Rabbit HX-6090SE включает лазерную трубку, мощностью 60 Вт, с длиной волны 1066 мкм.



- 1 – лазерная трубка
- 2 – рамка с отражающим зеркалом №1
- 3 – рамка с отражающим зеркалом №2
- 4 – рамка с отражающим зеркалом №3
- 5 – лазерная головка
- 6 – обрабатываемое изделие
- 7 – рабочий стол

Рисунок 3 – Схема и траектория движения лазерного луча
(а – движение луча)

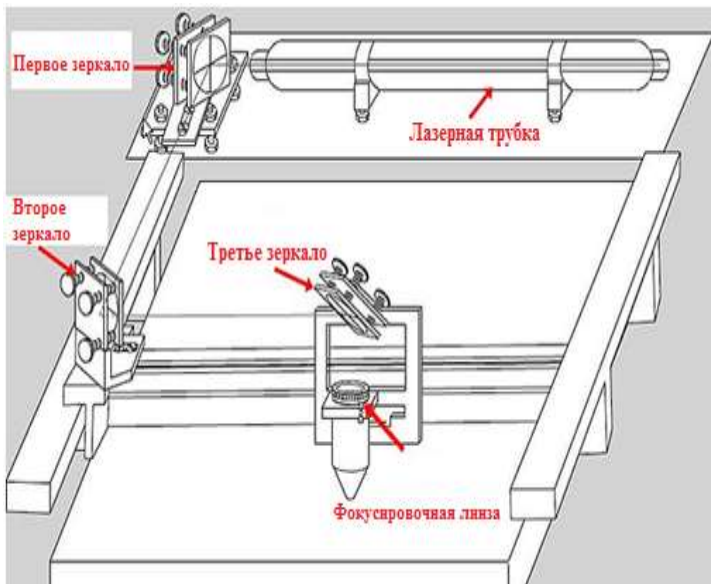


Рисунок 4 – Конструкция оптической системы лазерно-гравировального станка

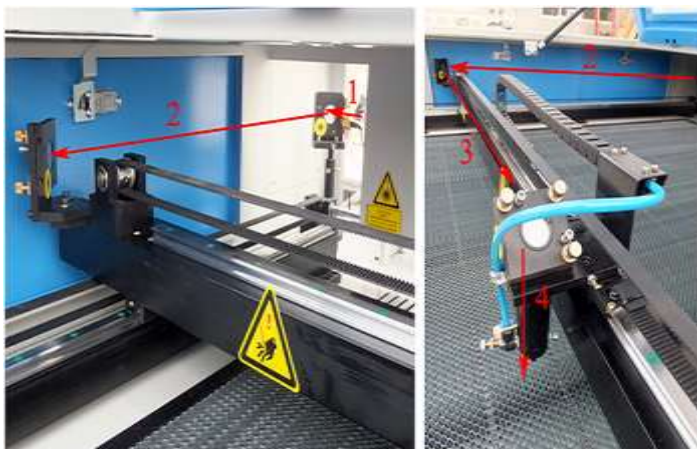


Рисунок 5 – Элементы оптической системы станка
(1 - первое зеркало; 2 - второе зеркало; 3 - третье зеркало; 4 – фокусирующая линза)

Составной частью оптической системы станков Rabbit является система из ряда передающих зеркал взаимодействующих друг с другом (см. рисунок 5). Зеркала ф 25 мм. находятся в определенных точках и помогают преломлять и отражать пучок лазерных лучей на его пути от лазерной трубки до фокусировки линзы (лазерный луч выходя из трубки, отражается от зеркал и пропускается через линзу, которая фокусирует его в одной точке). От точности движения лазерного луча зависит результат резки и гравировки, поэтому необходимо правильно настроить траекторию движения лазера. Зеркала закреплены на первой, второй стойке и лазерной головке настраиваются тремя подпружиненными регулировочными винтами.

Лазерная головка станка (см. рисунок 6) имеет регулировочные винты для настройки (поз. 1), прижимную гайку (поз. 2), тубус-трубку (поз. 3), в которой находится фокусирующая линза (диаметром 20 мм.). Фокусирующую линзу считают конечным элементом системы оптики лазерного станка. Это деталь из оптического стекла плоской формы, выпуклая с одной стороны. Она устанавливается на лазерную головку выпуклой частью вниз. Линза преломляет пучок лазерных лучей и фокусирует его в единственной точке, т.е. лазерный пучок, который отразился от последнего зеркала, проходит через фокусирующую линзу и обретает вид тонкого лазерного луча высокой мощности, который и оказывает воздействие на обрабатываемый материал.

К лазерной головке сбоку подведена трубка, по которой от воздушного компрессора через форсунку подается сжатый воздух для охлаждения фокусирующей линзы.

Лазер, используемый в лазерно-гравировальном станке, создает невидимый инфракрасный пучок лазерных лучей, поэтому для обеспечения позиционирования и фокусировки лазерная головка оснащается дополнительным

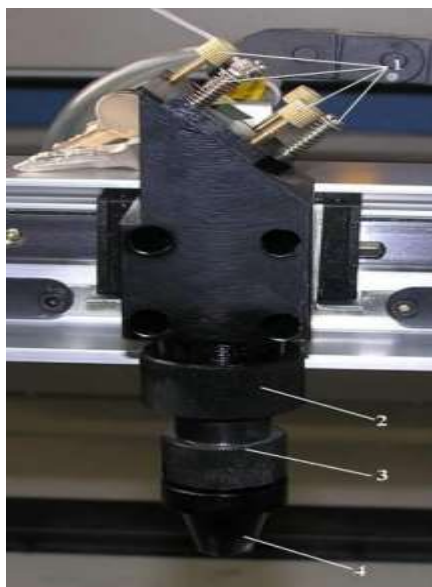


Рисунок 6 – Лазерная головка



Рисунок 7 – Устройство охлаждения – чиллер

красным оптическим лазером, являющимся ориентиром-указателем точки начала работы и облегчает визуализацию процесса обработки.

Чистота оптики существенно на глубину и качество резки и гравировки, поэтому необходимо своевременно поддерживать их чистоту специальными средствами для оптики.

4.3 Техническая характеристика лазерно-гравировального станка

Лазерный станок Rabbit HX-6090SE обладает рядом технических особенностей, позволяющих автоматизировать производственные процессы и сделать работу на станке более простой и удобной:

- встроенная FLASH-ROM память, позволяющая сохранять файлы в лазерном станке и работать без компьютера, вызывая исполнения программы из памяти лазерного станка (объем встроенной памяти 32 Мб);
- LCD дисплей с функциональными клавишами, делающий управление станком более функциональным, простым и удобным;
- программное обеспечение встраивается в интерфейс программ Auto CAD, Photoshop, Corel Draw и других, позволяет выполнять разнообразные задачи по резке и гравировке, управляя параметрами лазера для получения различных визуальных результатов (возможность варьирования мощностью, скоростью резки и гравировки, менять заливку и т.д.);
- режим работы поддерживает растровую и векторную графику форматов - BMP, HPGL, PLT, JPG, JPEG, GIF, TIFF, PCX, TGA, CDR, DWG, DXF, WNF, ICO и др.;

- в качестве лазерного излучателя в станке используется CO₂ газовая трубка мощностью 60 Вт (ресурс работы которой составляет не менее 1500 часов);
- максимальный размер рабочего поля 900x600 мм, что позволяет выполнять резку и гравировку изделий большой площади;
- высокоточный контроль движения, позволяющий повысить скорость гравировки и резки, обеспечить точные и ровные движения лазерного луча;
- высокоскоростной USB порт для пересылки данных и управления с компьютера.

Технические характеристики лазерно-гравировального станка Rabbit HX-6090SE приведены в Приложении.

Для повышения долговечности лазерной трубки используется специализированное устройство принудительного охлаждения лазерной трубки – чиллер (chiller) модели CW-5000, обеспечивающее постоянную температуру охлаждающей дистиллированной воды 25°C (рисунок 7). Чиллер используется взамен пассивной схемы охлаждения (помпа + бак) и работает в автоматическом режиме, обеспечивая более качественное охлаждение и занимая при этом немного места (объем бака чиллера 6 л воды). Чиллер обеспечивает охлаждающую способность 756 ккал/ч (2999 Btu/h) при подаче жидкости 16 л/мин и является единым комплексом состоящим из компактного корпуса с герметичным баком, активного охладителя на фреоне R-134a, системы регулировки и защиты, что позволяет автоматически отключать лазерную трубку в случаях нарушений (прекращения охлаждения из-за поломки, повышения температуры, недостатка воды и пр.). Автоматизация процесса охлаждения и возможность отключения лазерной системы в случае возникновения угрозы для работы лазерной трубки является существенным преимуществом чиллеров.

Лазерная резка и гравировка обычно производится на плоских листовых материалах, т.к. поверхности обрабатываемой детали должны находиться строго на фокусном расстоянии от фокусирующей линзы (иначе произойдет расфокусирование и падение мощности лазерного луча, что приведет к неточной обработке с рваными краями). Для обработки цилиндрических и конических поверхностей, а также изготовления объемных изделий на лазерном станке (лазерная гравировка на цилиндрах, трубах, стаканах, бутылках, вазах, карандашах и т.д.) может использоваться дополнительное приспособление – поворотное устройство (см. рисунок 8). Поворотное устройство – это механическое приспособление, которое позволяет закреплять и поворачивать с заданной скоростью обрабатываемые изделия (подобно токарному станку – поворотное устройство вращает заготовку, а лазерная головка, перемещаясь в продольном направлении подачи, наносит гравировку на поверхность детали).

4.4 Управление лазерно-гравировальным станком

Лазерно-гравировальный станок Rabbit HX-6090SE оборудован блоком управления с ЖК дисплеем и с клавиатурой, а так же имеет USB порт, это позволяет управлять оборудованием как с обычного компьютера, так и с клавиатуры дисплея, при этом в USB вход может быть установлен flash-накопитель для загрузки программ дистанционно без подключения к компьютеру (FLASH-IN память).

Клавиатура лазерно-гравировального станка (см. рисунок 9) содержит следующие управляющие кнопки:

Emergency STOP – при нажатии на кнопку произойдет сброс всех настроек, и станок остановится независимо от того, что он делал (для включения кнопку необходимо повернуть по часовой стрелке);

On_Off – включение станка (осуществляется ключом, который идет в комплекте);

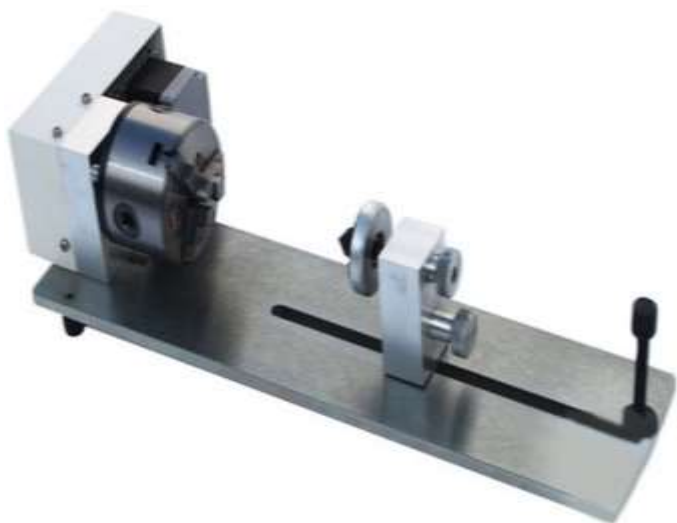


Рисунок 8 – Поворотное устройство для гравировки цилиндрических предметов



Рисунок 9 – Клавиатура лазерно-гравировального станка

Lighting – кнопка для включения лампы дополнительного освещения рабочей зоны станка;

Up – кнопка для поднятия рабочего стола (рабочий стол остановится автоматически при достижении максимальной высоты);

Down – кнопка для опускания рабочего стола (рабочий стол остановится автоматически при достижении максимальной глубины);

Menu – кнопка используется при включенном станке для изменения его рабочих параметров;

Enter – подтверждение текущей операции;

Datum – при нажатии на эту кнопку головка лазерной машины перейдет в точку 0 и все настройки обнулятся;

Laser – кратковременное включение лазера (при удерживании кнопки возникает продолжительное излучение - используется при настройке станка);

Stop – останавливает выполнение текущей операции;

Test – лазерная головка проходит по заданной программе по периметру обрабатываемой детали (без включения лазера);

Start/Pause – начинает и останавливает работу станка (если после остановки переместить лазерную головку, то после нажатия кнопки лазерная головка вернется в начальное положение и станок продолжит работу);

ESC – отменяет проведенные изменения.

В комплекте с лазерно-гравировальным станком поставляется лицензионная программа LaserCut 5.3, которая позволяет программно настраивать и регулировать процесс лазерной резки и гравировки (мощность луча, скорость процесса, количество строк и т.д.). LaserCut 5.3 совместима с операционными системами Windows2000 / WindowsXP / Windows7 /MAC. В качестве программного обеспечения можно использовать стандартные векторные редакторы

CorelDraw или AutoCAD, с установленным дополнительным плагином LaserCut. Программные файлы могут создаваться либо непосредственно в программе LaserCut, либо могут быть импортированы из других программ. LaserCut позволяет импортировать как векторные (Corel Draw, AutoCAD), так и растровые (PLT, DXF, BMP, JPG, GIF, PNG, WMF, ICO) файлы. Процесс гравировки может отличаться по типу нанесения:

- векторная гравировка – луч лазера чертит равномерные линии по всей поверхности;
- растровая гравировка – производится путем нанесения отдельных точек и линий.

Многофункциональность компьютерной программы позволяет получать готовые изделия, одновременно вырезая и гравирова их. Встроенная FLASH память лазерного оборудования сохраняет в себе рабочие файлы, которые в последствии можно повторить.

5 Работы, выполняемые на лазерно-гравировальном станке

Лазерное оборудование Rabbit HX-6090SE совмещает в себе быструю лазерную резку и точную гравировку. Рабочий стол машины размером 900х600 мм, оснащается специальными съемными боковыми крышками, что делает возможным протяжку обрабатываемого материала по оси Y. Возможность резки материала на протяжку, позволяет не ограничиваться по длине рулонного материала, т.к. необходимо только выдерживать ширину рабочего стола 900 мм, что позволяет производить резку крупных изделий с применением совмещения.

Лазерный луч станка способен резать и гравировать все неметаллические материалы, а при использовании специальных средств появляется возможность для гравировки на металлах. Точность позиционирования лазерной голов-

ки станка составляет 0,015 мм, что и обеспечивает высокую точность гравировки и резки. Используемые в станке шаговые двигатели обеспечивают высокую скорость и производительность, что позволяет получать изделия сложной формы и эксклюзивного дизайна.

Один из самых популярных материалов для лазерной резки и гравировки – это акриловое и органическое стекло. При его резке края получаются зеркальные, торец немного оплачивается. При стыковке полученных заготовок практически отсутствует оптический зазор. Область применения изделий из органического стекла - рекламная продукция, элементы дизайна и интерьера.

Другой популярный материал для лазерной обработки – это древесина и ее производные (фанера, шпон, оргалит и др.). Раскрой материала может осуществляется по сложному контуру с достаточно большой скоростью (до 3 м/мин). Полученные изделия применяются для изготовления мебели, сложных паркетов, сувенирной продукции, и др.

Кроме вышеперечисленного лазерно-гравировальный станок Rabbit NX 6090SE может резать такие материалы как: картон, бумагу, пластики с покрытием, паронит, пробку, ткани, мех, кожу, войлок, ламинированный пластик, двухслойный пластик, мемеламин, пластиковую пленку, резину и др., а также делать гравировку на поверхности натурального и искусственного камня, стекла, кварца, керамики, хрусталя, нефрита, мрамора и др. При помощи специальных цветных спреев и паст, можно гравировать на поверхностях металлических деталей.

Рассмотрим особенности лазерной резки типовых материалов:

- **акрил (акриловое стекло, ПММА) и оргстекло.** Режется очень хорошо до толщины 10 мм. Хорошо наносится любой вид лазерной гравировки. При ла-

зерном воздействию практически отсутствует плавление материала, в основном идет испарение и удаление паров сжатым воздухом, который подается в зону обработки. На кромке реза обычно наблюдается тонкая полосатая структура, которая практически до конца неустранима и вызвана физическими процессами, протекающими в зоне реза. Заметное оплавление поверхности реза происходит только при небольшой скорости резки и минимальной подаче воздуха, что приводит к образованию "зеркальной кромки" реза. При работе с молочным и цветным акрилом этот эффект выражен слабее. При резке акрила толщиной более 8 мм необходимо учитывать термические напряжения, которые могут возникать в материале, особенно в режиме "зеркального реза" и взаимодействовать с собственными внутренними напряжениями в детали;

- **полистирол.** Режется медленнее и более трудоемко, чем акрил. Резка полистирола идет путем расплава материала, поэтому на кромках реза неизбежно появление облоя. При небольшой подаче сжатого воздуха кромка реза почти прозрачна, но и облой весьма значителен. При увеличении подачи воздуха величина облоя уменьшается, но кромка реза становится шершавой, кроме того пазы рабочего стола и решетка вентиляции станка забиваются тонкими нитями полистирола, выдуваемыми из зоны реза (поэтому после резки полистирола необходимо тщательно чистить стол и вентиляционную решетку);
- **полиэфирное стекло (ПЭТ, ПЭТф, ПЭТг).** Хорошо режется лазером, но хуже чем акрил. Небольшой облой практически неизбежен. Поверхность реза также может быть близкой к зеркальной, но перио-

- дическая неровность поверхности реза всегда присутствует и сильнее выражена, чем у акрила;
- **стиролакронитрил (САН)**. Хорошо режется лазером. Качество реза примерно среднее между акрилом и полистиролом;
 - **зеркальные и фольгированные пластики**. Режутся также как и основной материал, но возможно повреждение зеркального слоя. Качество реза сильно зависит от типа и марки металлизированного пластика, способа нанесения металлизированного слоя и (или) защитного слоя краски. Для уменьшения вероятности повреждения зеркального слоя требуется более интенсивный поддув воздуха, так же рекомендуется вести резку таких пластиков вверх зеркальным слоем;
 - **поликарбонат**. Плохо режется лазером. Резка возможна только небольших толщин (1-2 мм). Край реза зеркально-коричневый, с выраженным облоем и заметной периодической структурой. Возможна резка сотового поликарбоната толщиной 4-6 мм, но низким качеством реза;
 - **слоистые пластики (текстолит, гетинакс и др.)**. Режутся лазером очень плохо и только малой толщины. Это связано со слоистой структурой материала и характеристиками используемых полимерных смол для связки;
 - **литые полимерные материалы (полипропилен, капролон, в т.ч. терморреактивные материалы)**. Режутся лазером до толщин 5-10 мм., но очень многое зависит от конкретной марки материала и его производителя;
 - **фторопласт**. Можно резать лазером, но только при очень хорошей вытяжке. Объемный характер поглощения лазерного излучения во фторопласте

определяет весьма специфический характер процесса резки (взрывной);

- **облицовочные пластики и термопласты.** Большинство режется только при небольшой толщине (до 1-2 мм). Качество реза удовлетворительное, но трудоемкость резки велика;
- **вспененные ПВХ пластики.** Возможна резка вспененных ПВХ пластиков толщиной до 15 мм. При большей толщине материала край реза начинает обугливаться. При резке необходима интенсивная подача сжатого воздуха. Облой (заусенец) очень мал или практически отсутствует, т.к. процесс резки в основном идет через сухую возгонку материала. Торцевая поверхность реза имеет коричневый цвет, светлеющий со временем. Чем больше толщина материала, тем темнее кромка реза. Цвет кромки определяется парами ПВХ, которые образуются в процессе лазерной резки и впитываются в пористую поверхность реза. Коричневый торец сохраняется даже при резке литых, в т.ч. прозрачных, ПВХ пластиков. Удаление цвета механической зачисткой или мойкой возможно только частично, так как пары проникают вглубь материала. Детали после резки имеют специфический запах, исчезающий со временем. Особенностью резки ПВХ являются выделяющиеся пары хлора, которые вызывают коррозию всех стальных деталей станка;
- **пенопласт, пеноплекс, поролон, пенополиуретан и др.** Режутся лазером без проблем. Возможна резка, как с оплавлением поверхности кромок, так и практически без ее оплавления. Но при большой толщине материала (более 20-25 мм) проявляется значительная "бочкообразность" лазерного реза, т.е. края реза перестают быть перпендикулярными по-

верхности. При резке поролона есть трудности с внутренними напряжениями в материале в результате которых может исказиться контур резки;

- **дерево и шпон.** Хорошо режутся до толщины 10-15 мм, в зависимости от типа древесины (хорошо режутся мягкие сорта - сосна, ель, осина, тополь, хуже плотные и твердые сорта - береза, бук, дуб и др.). Обязателен интенсивный поддув для удаления продуктов горения. Эффективность лазерной резки вдоль и поперек волокон различна. Край реза от светло-коричневого до почти черного, слегка обугленный, чем толще и тверже древесина, тем темнее кромки реза. Существенно снижают качество реза сучки, трещины и др. пороки древесины;
- **фанера.** Хорошо режется до толщины 8-10 мм. Резка фанеры сильно зависит от сорта древесины, вида клея и способа обработки. Лучше всего режется обессмоленная фанера из древесины хвойных пород, хуже березовая фанера, еще хуже фанера с формальдегидными смолами. Поверхность реза всегда темная;
- **ДСП.** Режется лазером плохо из-за своей рыхлой структуры и используемой полимерной связки (эпоксидных или формальдегидных смол). Возможно резать ДСП толщиной до 6 мм. Край реза неровный, темно-коричневый, местами черный;
- **ламинированная ДВП.** Хорошо режется лазером до толщины 10-12 мм. Торцевая поверхность реза от светло- до темно-коричневого цвета, в зависимости от толщины. Требуется интенсивный поддув воздуха.
- **МДФ и ПСБ.** Хорошо режутся лазером до толщины 8-10 мм., но качество резки влияют характеристики материала (тип связки, плотность прессовки). Край

реза ровный, от светло- до темно коричневого, слегка обугленный. Обязателен интенсивный поддув сжатого воздуха;

- **картон, пенокартон, бумага, ткани.** Очень хорошо режутся лазером. Край реза слегка желтоватый или коричневый. Для тонких материалов проблемой является их ровная укладка и удержание на плоскости. Резка в несколько слоев затруднительна, т.к. невозможно избежать внедрения продуктов распада между слоями и их загрязнения;
- **кожа (натуральная и искусственная).** Хорошо режется лазером до толщины 3-4 мм. Требуется интенсивный поддув. Цвет и степень обугленности краев реза очень сильно зависит от типа кожи. Необходимо обеспечить ровную укладку на поверхности стола раскроя;
- **резина и линолеум.** Хорошо режутся лазером, но при этом в тонком (порядка 0,1 мм.) слое вдоль реза теряется вулканизация. Для некоторых сортов резины возможно обугливание по торцевой поверхности реза. Лазерная резка резины сопровождается специфическим запахом, выветривающимся со временем;
- **паронит, гипсокартон, слюда.** Хорошо режутся лазером. Скорость резки определяется толщиной материала. При резке лазером высокотемпературных или композитных материалов необходимо учитывать возникающие в них термические напряжения;
- **искусственный камень.** Возможность резки зависит от типа используемой связки. Хорошо режется искусственный камень на акриловой основе (толщиной 10-12 мм.). Торцевая поверхность реза гладкая, матовая;

- **природный камень.** Резать лазером в принципе можно, но очень низкопроизводительно;
- **стекло и керамика.** Резать лазером возможно, но с малыми скоростями резания. Резка производится на основе механизма термораскалывания, при этом исключаются малые радиусы кривизны контура реза.

6 Режимы резания при работе на лазерно-гравировальном станке

К режимам резания при лазерной резке различных материалов относят:

- скорость резания (м/с);
- полнота использования мощности лазера (Вт).

От мощности лазерного луча зависит итоговый результат работы станка - на небольшой мощности, лазерный луч, не прорезая материала, оставляет заданный рисунок (изображение) на поверхности материала (лазерная гравировка). Мощность лазерного луча задается программно и регулируется оператором лазерно-гравировального станка в зависимости от стоящих перед ним производственных задач. Для повышения срока службы лазерной трубки не рекомендуется повышать мощность лазерного луча, лучше снизить скорость резания.

В таблице 1 приведены рекомендуемые режимы резания типовых материалов при использовании стандартной лазерной трубки мощностью 60 Вт на лазерно-гравировальном станке Rabbit HX 6090SE. В тоже время с целью обеспечения высокой точности и качества резки конкретного материала (и даже конкретной партии материала) необходимо проводить пробныерезы, для корректировки режимов резки экспериментальным путем.

7 Контрольные вопросы

- 1 Назовите области применения лазеров?
- 2 Из каких основных составных частей и узлов состоит лазерно-гравировальный станок?
- 3 Как может осуществляться управление лазерно-гравировальным станком?
- 4 Какие материалы могут обрабатываться на лазерно-гравировальных станках типа Rabbit HX-6090SE?
- 5 Назовите вспомогательные системы лазерно-гравировального станка. Каковы их функции?
- 6 Какие приспособления используются на лазерно-гравировальном станке?
- 7 Назовите какие рабочие движения осуществляет лазерно-гравировальный станок. Какие движения подачи могут быть при резке и гравировке?

Список литературы

- 1 Евсеев Д.Г., Гусков А.Н. Основы технологии электрофизических и электрохимических методов обработки. Учебное пособие. М.: МИИТ, 2007, 82 с.
- 2 Инструкция пользователя лазерно-гравировальных станков Rabbit 6090/1290/1610SC и 6090/1290SE. С-Петребург: INTERLASER, 16 с.
- 3 Инструкция по установке и работе с программным обеспечением лазерно-гравировальных станков LaserCut 5.3. С-Петребург: INTERLASER, 41 с.

Таблица 1 - Рекомендуемые режимы резания различных материалов на лазерно-гравировальном станке

Материал	Толщина материала, мм.	Скорость резки мм/с	% от полной мощности
Акрил	2,0	20-25	80
	3,0	18-21	
	4,0	14-19	
	6,0	10-15	
	8,0	6-9	
	10,0	4-7	
Оргстекло	1,0	25-30	80
	2,0	20-25	
	3,0	15-20	
	5,0	10-15	
Бумага	<1,0	80-100	50
Картон	>1,0	30-80	80
Пенокартон	5,0	35-40	
	10,0	25-30	
Пенопласт	10,0	25-30	
	20,0	20-25	
	30,0	15-20	
Полистирол	1,0	20-30	80
	2,0	18-21	
	3,0	15-18	
	4,0	10-15	
ПЭТ	0,5	100	70
Фанера	4,0	15-20	90
	6,0	10-15	
	8,0	8-10	

ПРИЛОЖЕНИЕ

Технические характеристики лазерно-гравировального станка Rabbit HX-6090SE

Параметр	Величина
Рабочая поверхность, мм	600×900
Мощность лазера CO ₂ , Вт	60
Точность позиционирования, мм	<0,015
Скорость гравировки, мм/с	0-860
Скорость резки, мм/с	0-600
Глубина резки (акрил), мм	до 25 за 1 проход
Минимальный размер гравирования букв, мм	1.5×1.5 (буква кириллицы)
Поддерживаемые графические форматы	PLT, CDR, DXF, BMP, JPG, GIF, PGN, TIFF и др.
Гравировка цилиндрических поверхностей	да, необходимо дополнительное приспособление
Охлаждение	дистиллированная вода
Опускание рабочего стола	280 мм. автоматически
Максимальная толщина материала, мм	280
Комплектация	водяная помпа, дымосос, рабочий стол
Дополнительное оборудование	поворотное устройство, чиллер
Масса станка, кг	250
Электропитание, В	220 ±10% 50 Гц или 110 ±10% 60 Гц
Потребляемая мощность, Вт	1200
Рабочая температура, °С	15-45
Рабочая влажность, %	35-70

СОДЕРЖАНИЕ

	С.
1 Цель работы	3
2 Правила техники безопасности	3
3 Общие сведения о промышленных лазерах	4
4 Содержание работы	9
4.1 Основные части, узлы и органы управления лазерно-гравировального станка	9
4.2 Принцип работы лазерно-гравировального станка	13
4.3 Техническая характеристика лазерно-гравировального станка	18
4.4 Управление лазерно-гравировальным станком	20
5 Работы, выполняемые на лазерно-гравировальном станке	23
6 Режимы резания при работе на лазерно-гравировальном станке	30
7 Контрольные вопросы	31
Список литературы	31
ПРИЛОЖЕНИЕ	33

Учебно-методическое издание

Попов Алексей Юрьевич

Мерзликина Анастасия Геннадиевна

Корытов Антон Юрьевич

**КОНСТРУКЦИЯ И РАБОТА ЛАЗЕРНО-
ГРАВИРОВАЛЬНОГО СТАНКА**

Учебно-методическое пособие к лабораторной работе

по дисциплине

"Процессы механической и физико-технической обработки"

Тир. 100 экз.

Изд. № 110-18

Типография ООО «ПринтСайдАп»