МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт *Политехнический*
Кафедра «*Электро- и нанотехнологии*»

Утверждено на заседании кафедры
«Электро- и нанотехнологий»
«19» января 2021 г., протокол №5

Заведующий кафедрой
_____В.В. Любимов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
«*Оборудование для обработки концентрированными потоками энергии*»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
15.03.01 Машиностроение

с направленностью (профилем)
Машины и технологии высокоэффективных процессов
обработки материалов

Форма обучения: *очная*

Идентификационный номер образовательной программы: 150301-01-21

Тула 2021 год

Разработчик методических указаний

Волгин В.М., профессор, докт.техн.наук, профессор _____

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание) *(подпись)*

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКИ ЭЛЕКТО – ИМПУЛЬСНОГО КОПИРОВАЛЬНО-ПРОШИВОЧНОГО СТАНКА МОД. 4Г721М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДА ЭЛЕКТРОДА – ИНСТРУМЕНТА.

Конструкторские особенности, технологические основы и наладка станка 4Г721М.

1. Цель работы.

Целью работы является закрепление и углубление знаний студентов, полученных на лекциях при изучении курса «Оборудование для ОКПЭ», а так же приобретение практических навыков настройки электроэрозионного станка для ЭЭО деталей и работы на них.

2. Основы теории.

Основы системного анализа электроэрозионных станков.

ЭЭО станок состоит из определенным образом связанных и функционирующих элементов: агрегатов, блоков, узлов, систем подачи рабочей жидкости, систем управления, источника питания и др. Каждый элемент, как самостоятельный объект, выполняет определенную функцию и реализует определенную физическую операцию (ФО).

Элементы электроэрозионного станка имеют определенные функциональные связи друг с другом, которые образуют конструктивную функциональную структуру (ФС).

Конструктивная ФС представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются наименования элементов, а ребрами – функции элементов. Кроме функциональных связей, между элементами станка имеются потоковые связи, т.е. элементы, реализующие определенные физические операции, образуют поток преобразующих веществ, энергии, информации и других факторов.

Взаимосвязанный набор ФО, реализующих один определенный поток преобразования вещества, энергии, информации называется потоковый функциональной структурой.

В основу анализа функций станка и построения конструктивной ФС положен принцип выделения и рассмотрения структур с двух уровневой иерархией, т.е. любой станок можно разделить на несколько элементов, каждый из которых имеет вполне определенную функцию по обеспечению работы станка или его элементов.

При этом рассматриваемый электроэрозионный станок представляет собой верхний уровень, а выделенные функциональные элементы – нижний.

Одновременно с разделением станка на элементы выделяют объекты окружающей среды (ОС), с которыми рассматриваемый станок находится в функциональном или вынужденном взаимодействии, которые существенно влияют на конструкцию станка.

К ОС относятся обрабатываемая деталь, подводимая энергия, управляющие станины, неблагоприятные излучения и другие воздействия, оказывающие существенное влияние на конструкцию станка.

Элементы станка следует разделить на главные и основные элементы. К главным элементам (ГЭ) относятся рабочие органы станка, которые непосредственно взаимодействуют с обрабатываемой заготовкой. Основные элементы станка обеспечивают функционирование ГЭ.

При построении ФС сначала изображают вершины графа, во втором ряду (по горизонтали) располагают вершины – объекты ОС, в третьем ряду – вершины элементов.

2.2. Вопросы автоматического регулирования МЭП при ЭЭО.

Бесконтактная форма образования предполагает внедрение ЭИ в заготовку со скоростью, соответствующей съему удаленного материала.

В стационарном режиме в торцевой части МЭП подача ЭИ должна равняться линейной скорости съема, что требует постоянства МЭЗ, обеспечиваемого работой автоматического регулятора.

Функциональная схема для электроэрозионных станков, в общем, построено по одинаковому принципу автоматических систем с обратной связью по выходному сигналу (рис. 1).

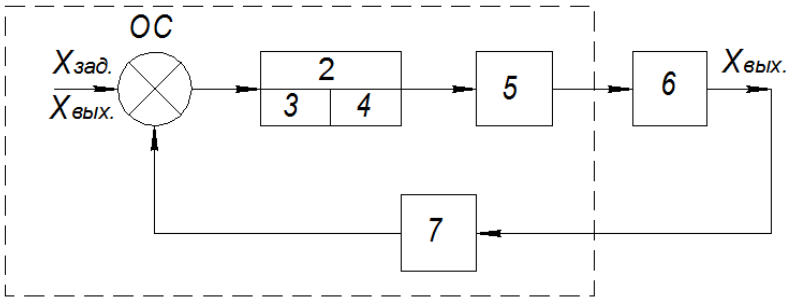


Рисунок 1. - Функциональная схема автоматического регулятора МЭП при ЭЭО.

Схема 1 работает следующим образом: с датчика 7 выходной величины Х-выхода сигнал управления 6 (МЭП) посылают на орган сравнения ОСС. Разность выходного и заданного (Х-заданного) сигналов, определенного схемой 2, через преобразователь 3, усилитель мощности 4, поступает на исполнительный орган 5.

В процессе ЭЭО конфигурация МЭП постоянно изменяется, поэтому всегда имеется отличное от 0 разность между заданным и выходным значениями (Х-выхода и Х-входа). Эту разность привод подачи ЭИ «обрабатывает», чтобы она обратилась в нуль, для чего ЭИ соответственно перемещается и тем самым поддерживается заданная величина зазора в определенной части МЭП.

Правильный выбор управляющей величины Х-выхода во многом определяет качество регулятора.

Тип управляемой величины задается внешней характеристикой ГИ, а также формой импульсов напряжения. Если внешняя характеристика ГИ круто падающая, то Х-выхода целесообразно принимать средние значения на МЭП.

При жесткой характеристики ГИ следует принимать в качестве Х-выхода среднее значение технологического тока.

В качестве управляемых величин могут использовать первые и вторые производные по времени от тока.

3. Объекты и средства исследования.

Объектом исследования является электроимпульсный копировально-прошивочный станок мод. 4Г721М, предназначенный для ЭЭО с повышенной точностью фасонных поверхностей, пазов, щелей, отверстий небольшого диаметра.

Станок обеспечивает ЭЭО с точностью до 0,03 мм и комплектуется широкодиапазонным генератором рабочих импульсов типа ШГИ40-440, обеспечивающий частоты импульсов: f = 3, 8, 22, 88, 200, 440 кГц.

Исследования станка производится с применением следующих средств: секундомер, линейка, микрометр.

3. Техническая характеристика станка 4Г721М.

Ширина рабочей поверхности стола, мм……200
Длина рабочей поверхности стола, мм……360
наибольшие размеры устанавливаемой на стол детали (длина х ширина х высота), мм……130
Номинальная площадь обработки (по стали), мм^2……...1500
Материал электрода-инструмента……..Медь ГОСТ 859-66
Латунь ГОСТ 15527-70,
Графитовый материал
ЭЭГТУ608-59
Наибольшая производительность, мм^3/мин
медным раствором по стали 45……250
Шероховатость обработанной поверхности, мкм……80
латунным электродом по твердому сплаву ВН8……..40
Шероховатость обработанной поверхности, мкм……20
Наименьшая шероховатость обработанной поверхности, мкм
медным электродом по стали 45……..……..1,25
латунным электродом по твердому сплаву ВН8……..0,63
Минимальный объемный относительный износ медного электрода при обработке деталей из стали марки 45, %.....2
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг ……60
Перемещение головки относительно стола, мм
поперечное……...160
продольное……...250

3.1. Общая компоновка станка

Электроимпульсный станок состоит из следующих основных агрегатов и узлов (рис.1): тумба с баком 1, стол 2, с ванной, головка для проволочной резки 3, шпиндель вращающийся 4, вибратор 5, головка рабочей подачи, стойка 7, генератор рабочих импульсов 8, каретка 9, узел крепления электродов-инструментов 10.

Все узлы станка смонтированы на тумбе прямоугольной формы. Тумба выполнена в виде коробки с открытой лицевой стороной и нишей внутри, в которой размещается бак с рабочей жидкостью. Сверху на горизонтальной плоскости тумбы расположены стойки и стол-ванна. Из задней стенки тумбы выходят два ниппеля, один из которых нужно подключить к водопроводу для охлаждения рабочей жидкости в баке, другой отвести в канализацию.

На направляющие стойки типа «ласточкин хвост» устанавливаются каретки. Внутри стойки находится механизм подъема ванны. В верхней части стойки закреплено отсчетное устройство поперечных координатных перемещений.

Стол с подъемной ванной закреплен на верхней плоскости тумбы и расположен перед сойкой. Подача рабочей жидкости в ванну осуществляется по трубопроводу, расположенному внутри стакана, на котором закреплен стол. Стол-ванна закрыта сварным съемным кожухом.

Обрабатываемые изделия устанавливается непосредственно на стол и закрепляются.

3.1.1. Устройство привода рабочей камеры.

Стойка (рис. 2) представляет собой чугунную отливку коробчатой формы.

Поперечное перемещение рабочей каретки производится маховиком, расположенном справа на боковой стенке стойки. Верхняя каретка продольного хода перемещается по направляющим типа «ласточкин хвост». Маховик ручного перемещения каретки продольного хода расположен справа на торце нижней каретки. На левой боковой стенке верхней каретке расположено отсчетное устройство продольных координатных перемещений, а на правой стороне закреплена лампа местного освещения.

К верхней каретке крепится головка. В зависимости от рода работы на каретке головки крепится одно из 3 приспособлений: вибратор, вращающийся шпиндель или механизм проволочной резки.

К передней стенки стойки крепится плита 1 с круглыми направляющими 2 и ходовым винтом 3. по этим направляющим перемещаются траверса 4 с помощью ходового винта 3 и гайки 5. траверса несет на себе ванну 6. на нижнем конце ходового винта 3 крепится коническая шестерня 7, с ней сцепляется шестерня 8, расположенная на валу, выходящем на правую сторону станка к рукоятке 9.

Программа работы

1. Изучение компоновки электроимпульсного копировально – прошивочного станка мод. 4Г721М, выяснение его конструктивных особенностей.
2.Изучение кинематической схемы станка, конструкций важнейших узлов электроимпульсного станка и их взаимосвязь.
3. Изучение автоматического регулятора МЭП.
4. Ознакомление с пуско-регулирующей аппаратурой и работой механизмов непосредственно на станке.
5. Наладить станок на обработку образцов , произвести обработку образцов.

Работа на станке осуществляется по следующей последовательности:

1. Установить и закрепить заготовку, закрепить электрод-инструмент в электродержавке.
2. Поднять ванну для РЖ и включить насос для ее заполнения. Обрабатываемая поверхность детали должна находиться не ближе 50мм от поверхности РЖ в ванне.
3. Установить необходимые параметры рабочих импульсов ШГИ40-440.Включить генератор, включить сам станок и произвести обработку образцов.
4. Снять статическую характеристику привода ЭИ.

Отчет.

Работа считается выполненной после устного индивидуального опроса студентов и утверждения преподавателем отчета, оформленного по прилагаемой форме(приложение).

В бланке отчета по лабораторной работе указывается следующее:

1. Освещается вопрос по заданию преподавателя.
2. Режимы ЭЭО образцов.
3. Приводятся ответы на контрольные вопросы.
4. Снятая статическая характеристика привода ЭИ.

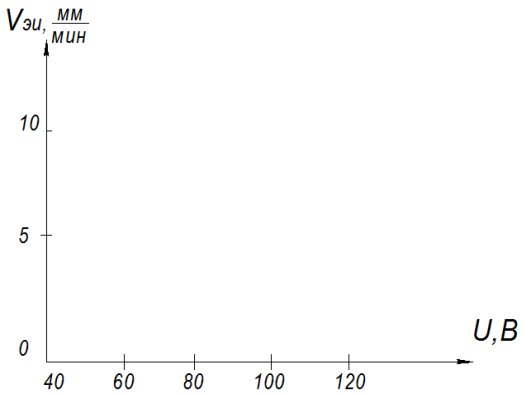
Контрольные вопросы.

1. Как изменяется процесс электроимпульсной обработки от генератора ШГИ 40-440, если полярность включения электродов изменить с обратной на прямую?
2. Объяснить, почему обрабатываемую поверхность при ЭЭО следует погружать на глубину не менее 60мм?
3. В каких целях РЖ в МЭП подается под давлением и ЭИ сообщают осцилляцию?
4. Исходя из работы автоматического регулятора МЭП, объяснить причину иногда возникающих частых отводов ЭИ от обрабатываемой детали?
5. Как влияет скважность рабочих импульсов – q на точность ЭЭО и шероховатость обрабатываемой поверхности?

ОТЧЕТ

По лабораторной работе №_____ студента гр._____

Исходные данные к лабораторной работе: электроэрозионный станок мод. 4Г721М, заготовки: секундомер, индикаторная стройка, электрод-инструмент.

<table>
<tr><th>Задание</th><th>Результаты исполнения</th><th>Примечание</th></tr>
<tr><td>1. Построить конструктивно-функциональную схему агрегата(узла) станка по заданию преподавателя</td><td>Конструктивно- функциональная схема агрегата (узла) станка</td><td>Допускается укрупненное построение конструктивно-функциональной схемы в структурном плане</td></tr>
<tr><td>2. Определить статическую характеристику привода ЭИ</td><td> 
</td><td>
<table>
<tr><th>№</th><th>Uэт</th><th>t,с</th><th>Vэи, мм/мин</th></tr>
<tr><td>1</td><td>60</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>80</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>120</td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Список рекомендованной литературы

1.Оборудование для размерной электрохимической обработки деталей машин. Под ред. проф. Ф.В. Седыкина - М.: Машиностроение, М.: -277с.

2. Шишенков В.А Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Контроль и автоматизация процессов обработки КПЭ».- Тула, ТулГУ, 2011 (ресурс кафедры)

Лабораторная работа №2
Конструкторские особенности и технологические основы применения станка 4Е723

1. Цель работы.

Целью работы является закрепление и углубление знаний студентов, полученных на лекциях при изучении курса “Оборудование КПЭ“, а также приобретение практических навыков создания конструкторско-функциональной схемы станка 4Е723 и этапов подготовки оборудования и оснастки для работы.

2. Введение. Данный станок применяется для обработки фасонных отверстий (сквозных и глухих) и наружного контура в деталях повышенной твердости из высоколегированных сталей.

Технические характеристики станка 4Е723

Длина рабочей поверхности стола, мм	630
Ширина стола, мм	400
Масса, кг	6100
Масса заготовки, которая может быть установлена, кг	до 750
Номинальная площадь обработки, мм^2	25000
Мощность, кВт	30,6
Производительность (по стали 45) медного ЭИ, мм^3/мин	4000
Производительность (по стали 45) углеграфитового ЭИ, мм^3/мин	3000
Параметр шероховатости поверхности на чистовых режимах Ra, мкм	2,5
Точность обработки сквозного отверстия, мм	0,02-0,03
Точность обработки фасонной поверхности, мм	0,07-0,1
Габариты, мм	1700х1300х2480
Объем бака для рабочей жидкости, л	600
ЧПУ	-
Серия	1980
Снятие	1983

В качестве рабочей среды применяется масло индустриальное типа ИС-12 или ИС-20 или смесь в пропорциях 1:1 масла индустриального И-12А и осветительного керосина, а также используется сырье углеводородное. Станок оснащен двумя генераторами на 250 А-3кГц и 63 А-440кГц.

2.2 Структурная схема копировально-прошивочного станка.

В комплект электроэрозионного оборудования входят: станок, непосредственно исполняющий технологическую операцию, генератор импульсного технологического напряжения, устройство подачи в станок рабочей среды и ее очистки, система отсоса из рабочей зоны станка выделяющихся газообразных средств разложения рабочей среды.

Сам станок состоит из: станины (основания), стола с ванной, инструментальной головки, пульта управления, системы подачи ЭИ на

заготовку или заготовки на ЭИ, системы автоматического регулирования МЭП, подачи и очистки рабочей среды.

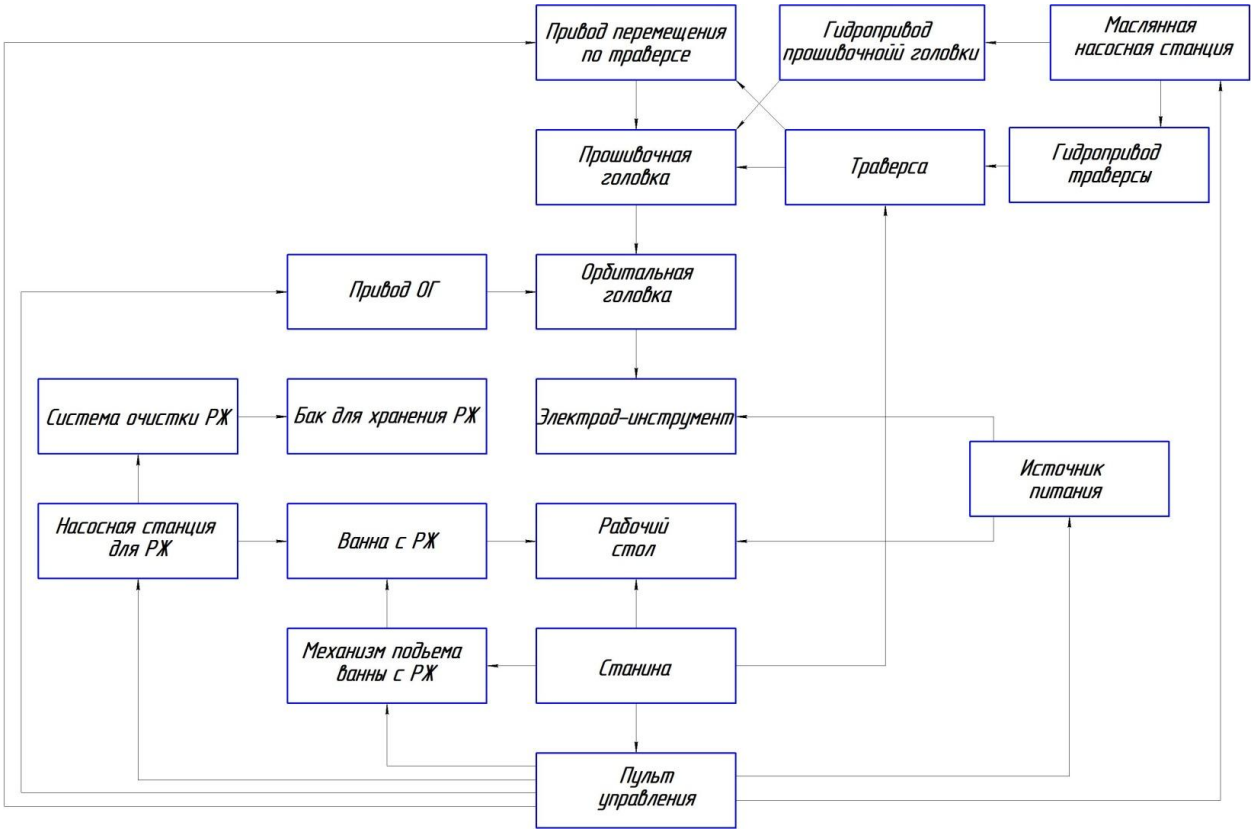


Рисунок 1. - Блок-схема конструктивных узлов и элементов станка мод. 4Е723.

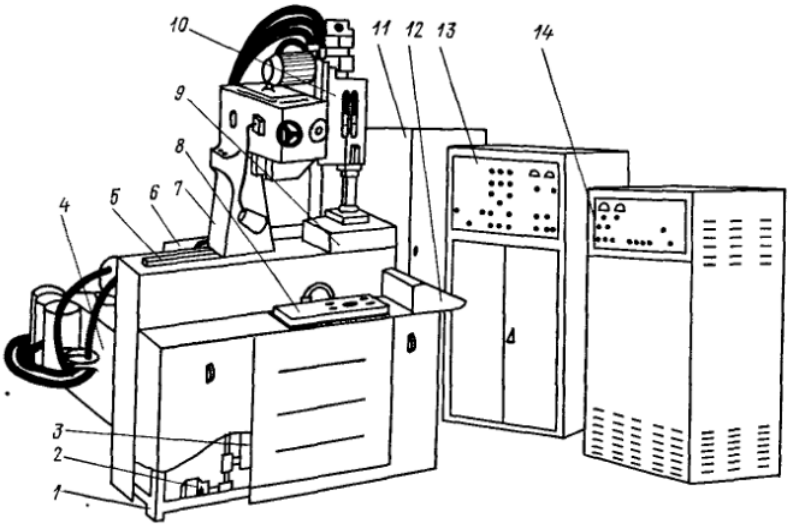


Рисунок 2. - Структурная схема копировально-прошивочного станка мод. 4Е723.

В комплект станка входят: станок, тиристорный генератор 14 (модели ТГ-250-0,15), транзисторный генератор 13 (модели ШГИ-63-440), шкаф с электрооборудованием 11, масляная насосная станция для питания гидросистемы станка 4 и бак с рабочей средой 6. Бак оснащен теплообменником для охлаждения рабочей среды и системой очистки рабочей среды лот продуктов эрозии. Комплект оборудования, входящий в

станок, представляет комплекс связанных между собой агрегатов, функционирующих в строгом соответствии с заданными технологическими параметрами.

Основанием станка является станина 1, представляющую собой жесткую плиту, на которой собран весь станок. На плите установлена неподвижна тумба с рабочим столом 8 и подъемная анна для хранения рабочей среды 3. через днище ванны в герметичном уплотнении проходит тумба стола. На той же плите расположен механизм подъема и опускания ванны 2.

Прошивочная головка 10 расположена на Г-образной траверсе 7 и может перемещаться вместе с ней по круглой скалке 5, установленной на задней стороне станка. Нижний конец траверсы опирается направляющие планки. Движения траверсы по круглой скалке и инструментальной головки по верхней полке траверсы образуют координатные перемещения инструмента относительно обрабатываемой заготовки, установленной на неподвижном столе. Орбитальное движение ЭИ сообщается головкой 9. В правой части станка расположен пульт управления станком 12.

С помощью электродвигателя осуществляется продольное, поперечное и вертикальное установочное перемещение прошивочной головки с ЭИ, подъем и опускания ванны с рабочей средой, движение орбитальной головки.

Прошивочная головка предназначена для придания ЭИ рабочего перемещения и орбитального движения.

2.3. Кинематическая схема станка и принцип работы механизма перемещения электрода-инструмента.

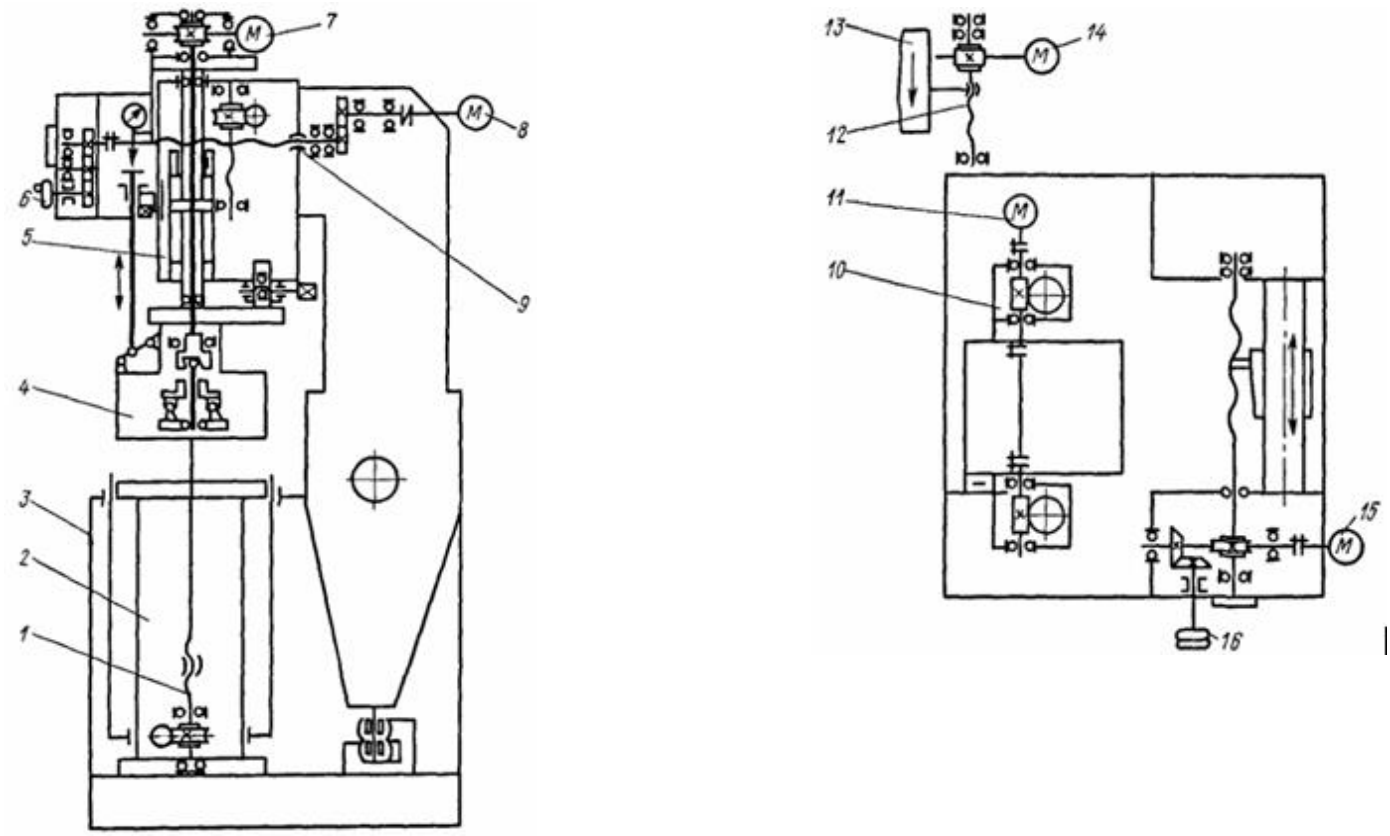


Рисунок 3. - Кинематическая схема станка модели 4Е723Ф.

Кинематическая схема станка обеспечивает: перемещение ЭИ в трех взаимно перпендикулярных направлениях относительно стола - продольном, поперечном, вертикальном рабочем перемещении шпинделя с помощью следящей системы, и установочное перемещение всей головки; подъема и опускания ванны с рабочей средой, ее слив и прокачку рабочей среды через МЭП и орбитальное движение ЭИ.

Продольное установочное перемещение прошивной головки 13 с ЭИ относительно стола 2 обеспечивается движением траверсы по круглой скалке через редуктор от электродвигателя 15 или вручную от маховика 16. Редуктор расположен в тумбе станины. Маховик ручного перемещения траверсы вынесен на боковую сторону тумбы.

Поперечное установленное перемещение обеспечивается механически ходовым винтом 9 от электродвигателя 8 и вручную от маховика 6, расположенного на переднем торце верхней полки траверсы.

Вертикальное установочное перемещение прошивной головки 13 осуществляется от электродвигателя 14, расположенного на каретке прошивной головки, через винт и гайку12. рабочая вертикальная подача ЭИ осуществляется от электрогидравлического следящего золотника 5. Величина и скорость перемещения ЭИ определяется количеством масла, поступающего в единицу времени в гидроцилиндр прошивочной головки в верхнюю и нижнюю камеру.

Подъем и опускание ванны 3 с рабочей средой производится от электродвигателя 11 через пару редуктора и передачу винт-гайка 1.

Движение орбитальной головки 4 соблюдается электродвигателем 7 через редуктор и приводной валик.

Прошивная головка (рис.4) предназначена для придания ЭИ рабочего перемещения и орбитального движения. Конструктивно эта головка представляет собой литой корпус 8, внутри которого установлен гидроцилиндр 3, сообщающий шпинделю 2 рабочее перемещение. На фланце шпинделя устанавливается орбитальная головка (или через переходник для технологической оснастки можно установить ЭИ). Чтобы избежать усилия трения шпинделя, применены в качестве подшипников гидравлические направляющие 1. Скалка 9 устанавливается на переходной плите 10 шпинделя и параллельно ему, она служит для предотвращения поворота шпинделя. В верхней части головки расположен редуктор 6 с электроприводом орбитальной головки. Вращательное перемещение передается с помощью валика 4, проходящего через полый шпиндель 2. Гидротормоз 5, состоящий из цанги и тарельчатых пружин, служат для мгновенного торможения шпинделя после окончания обработки. Во время работы шпиндель расторможен.

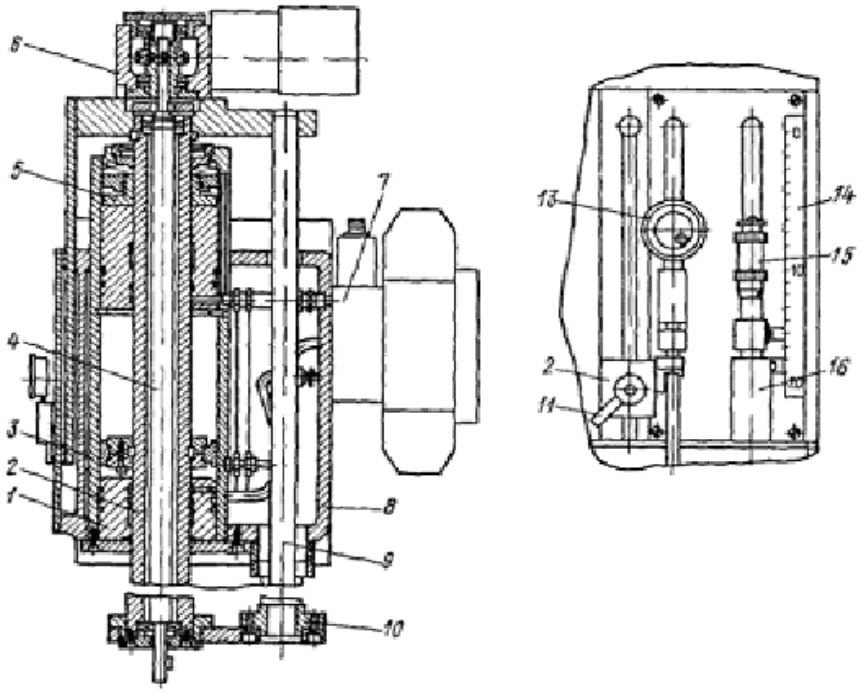


Рисунок 4. - Конструкция прошивной головки.

Прошивная головка имеет отсчетные устройства, с помощью которых производятся установка необходимой глубины прошивки, автоматическое отключение станка при достижении необходимой глубины прошивки и наладочные перемещения. В отчетных устройствах применены индуктор часового типа 13 и измерительная линейка 14, установка необходимой глубины прошивки производится микрометрической головкой 15, а

отключение станка при достижении заданной глубины прошивки осуществляется микропереключателем 16. Точность отсчета координатных перемещений – 0,01 мм. С правой стороны прошивочной головки крепится гидропанель 7, на которой расположены следящий и реверсные золотники. Корпус прошивной головки с помощью направляющих типа “ласточкин хвост” устанавливается на каретку траверсы и имеет вертикальное наладочное перемещение.

Программа работы

1. Изучение компоновки электроимпульсного копировально – прошивочного станка мод. 4Е723М, выяснение его конструктивных особенностей.
2. Изучение кинематической схемы станка, конструкций важнейших узлов электроимпульсного станка и их взаимосвязь.
3. Изучение конструкции орбитальной головки и автоматического регулятора МЭП.
4. Построить конструкторско-функциональную схему станка.
5. Ознакомление с пуско-регулирующей аппаратурой и работой механизмов непосредственно на станке.
6. Наладить станок на обработку образцов, произвести обработку образцов.

Работа на станке осуществляется по следующей последовательности:

1. Установить и закрепить заготовку, закрепить электрод-инструмент в электродержавке.
2. Поднять ванну для РЖ и включить насос для ее заполнения. Обрабатываемая поверхность детали должна находиться не ближе 50мм от поверхности РЖ в ванне.
3. Установить необходимые параметры рабочих импульсов ШГИ40-440.Включить генератор, включить сам станок и произвести обработку образцов.
4. Определить статическую характеристику привода ЭИ.

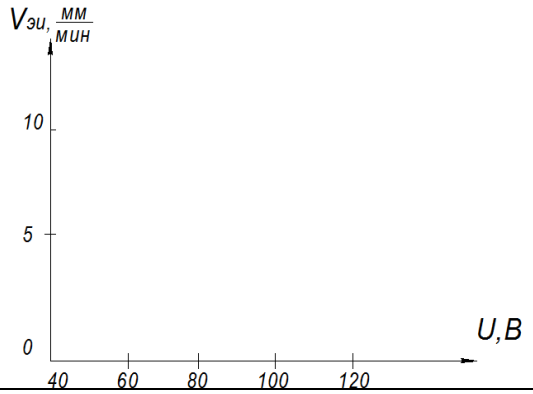
Контрольные вопросы.

1. Как изменяется процесс электроимпульсной обработки от генератора ШГИ, если полярность включения электродов изменить с прямой на обратную?
2. С какой целью РЖ в МЭП подается под давлением и ЭИ сообщают осцилляцию?
3. Исходя из работы автоматического регулятора МЭП, объяснить причину иногда возникающих частых отводов ЭИ от обрабатываемой детали?
4. Как влияет скважность рабочих импульсов – q на точность ЭЭО и шероховатость обрабатываемой поверхности?
5. Для чего используется орбитальная головка, установленная на станке.

ОТЧЕТ

По лабораторной работе №_____ студента гр._____

Исходные данные к лабораторной работе: электроэрозионный станок мод. 4Е723М, заготовки: секундомер, индикаторная стройка, электрод-инструмент.

<table>
<tr><th>Задание</th><th>Результаты исполнения</th><th>Примечание</th></tr>
<tr><td>1. Построить конструктивно-функциональную схему агрегата(узла) станка по заданию преподавателя</td><td>Конструктивно- функциональная схема агрегата (узла) станка</td><td>Допускается укрупненное построение конструктивно-функциональной схемы в структурном плане</td></tr>
<tr><td>2. Определить статическую характеристику привода ЭИ</td><td> 
</td><td>
<table>
<tr><th>№</th><th>Uэт</th><th>t,с</th><th>Vэи, мм/мин</th></tr>
<tr><td>1</td><td>60</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>80</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>120</td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Список рекомендованной литературы

1.Оборудование для размерной электрохимической обработки деталей машин. Под ред. проф. Ф.В. Седыкина - М.: Машиностроение, М.: -277с.

2. Шишенков В.А Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Контроль и автоматизация процессов обработки КПЭ».- Тула, ТулГУ, 2011 (ресурс кафедры)

Лабораторная работа №3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКИ ЭЛЕКТОЭРОЗИОННОГО ПРОВОЛОЧНОГО ВЫРЕЗНОГО СТАНКА С ЧПУ МОД. 4732Ф3М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДА ЭЛЕКТРОДА – ИНСТРУМЕНТА.

1. Цель работы.

Целью работы является закрепление и углубление знаний студентов, полученных на лекциях при изучении курса “Оборудование КПЭ“, а также приобретение практических навыков создания конструкторско-функциональной схемы станка мод. СКЭ200Ф3М (4732Ф3М) и этапов подготовки оборудования и оснастки для работы.

2. Введение. Данный станок предназначен для контурной обработки деталей сложного профиля с прямолинейной вертикальной образующей из любых токопроводящих материалов (детали вырубных и гибочных штампов, фильеры, матрицы для экструдирования, шаблоны, детали радио-техники и т.п.).

Основание электроэрозионного проволочного вырезного станка с ЧПУ модель СКЭ200Ф3М (4732Ф3М) и другие корпусные детали изготовлены из качественного модифицированного чугуна с проведенным старением.

Электродом-инструментом электроэрозионного проволочного вырезного станка с ЧПУ модель СКЭ200Ф3М (4732Ф3М) служит непрерывно перематывающаяся проволока из латуни. Обрабатываемая деталь закрепляется на неподвижном Г-образном столе, а механизм проволочного тракта закрепляется на скобе, имеющей возможность перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Обработка детали на электроэрозионном проволочном вырезном станке с ЧПУ модель СКЭ200Ф3М (4732Ф3М) ведется с погружением ее в ванну с рабочей жидкостью.

Электроэрозионные проволочные вырезные станки с ЧПУ модель СКЭ200Ф3М (4732Ф3М) оснащаются интегрированными стойками управления, включающими в себя компьютерное УЧПУ «АРТА» (УЧПУ с цветным графическим дисплеем), встроенный генератор «АРТА-3М», блок управления электрооборудованием станка, выносной пульт управления СЧПУ. (СЧПУ совместимос системой подготовки управляющих программ FriCAD для среды САПР AutoCAD).

В УЧПУ используется цветной графический дисплей.

Электроэрозионные проволочные вырезные станки с ЧПУ модель СКЭ200Ф3М (4732Ф3М), выпускаемые Заводом, соответствуют ГОСТ 20551-93 «Станки электроэрозионные вырезные. Основные размеры, нормы точности» и ГОСТ 8-82 «Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность».

Электроэрозионные проволочные вырезные станки с ЧПУ модель СКЭ200Ф3М (4732Ф3М) используется в инструментальном производстве, а также в основном производстве машиностроительной, приборостроительной и других отраслях промышленностей.

Рисунок 1. - Общий вид станка 4732ФЗМ

Основные технические данные электроэрозионного проволочного вырезного станка с ЧПУ представлены в Таблице1.

Таблица 1

Основные технические данные Электроэрозионного проволочного вырезного станка с ЧПУ модель СКЭ200Ф3М (4732Ф3М)	
Наибольший габарит заготовки, мм	330x400x100
Наибольшие размеры обрабатываемого контура по осям "X", "Y", "Z", мм	200x125x100
Наибольшая масса заготовки, кг	45
Электрод-проволока, применяемая при обработке	ДКРПМ 0,1-0,3 Л63 ГОСТ 1066-80
Диаметр электрода-проволоки, мм	0,1-0,3
Рабочая жидкость	Диэлектрик - вода водопроводная
Объем рабочей жидкости в системе, л	240
Дискретность задания перемещений:	
линейных, мкм	1
Пределы рабочих подач скобы, мм/мин:	
наибольшая	30
наименьшая	0,01

Наибольшая установочная скорость перемещения скобы (быстрого хода), мм/мин	180
Пределы изменения скорости перемотки проволоки, мм/с	8...20
Усилие натяжения проволоки (расчетное), Н	
наибольшее	10
наименьшее	0,05
Наибольшая производительность обработки, мм^2/мин	50-70
Точность изготовления контура, мкм	14...20
Шероховатость обработанной поверхности Ra на чистовых режимах, мкм	1,25
Габарит станка без приставного оборудования lxbxh, мм	850x1285x1600
Габарит станка с приставным оборудованием LxBxH, мм	1480x1285x1600
Масса станка без приставного оборудования, кг	1460
Масса станка с приставным оборудованием, кг	1600

3. Устройство станка 4732ФЗМ.

Общий вид станка с обозначением составных частей показан на рис.2.

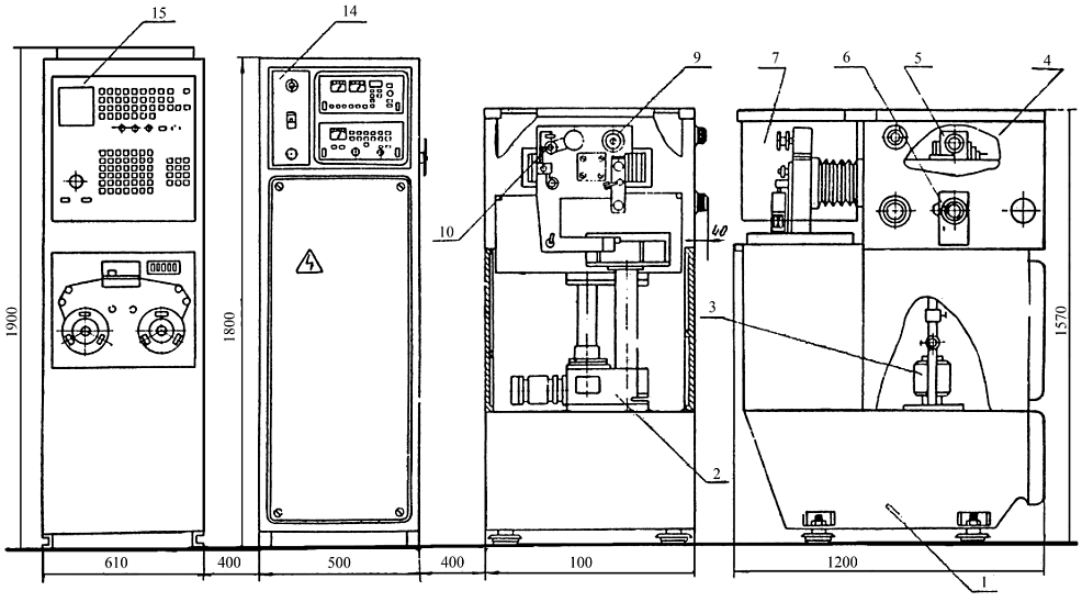


Рисунок 2. - Составные части станка 4732ФЗМ: 1 – станина, 2 – ванна подъемная, 3 – насосная установка, 4 – механизм координатных перемещений, 5 – редуктор поперечной подачи, 6 – редуктор продольной подачи, 7 – кожух, 8 – встройка датчиков (на рисунке не показано), 9 – скоба, 10 – механизм перемотки проволоки, 11 – приспособление для наклона проволоки (на рисунке не показано), 12 – принадлежности, 13 – размещение электрооборудования на станке, 14 – генератор ГКИ-300-200А, 15 – устройство ЧПУ.

Станок выполнен по принципу узловой сборки. Каждый узел станка собирается и отлаживается отдельно, а общий монтаж станка осуществляется узлами.

На станине, являющейся основанием станка, устанавливаются:

а) подъемная ванна на передней части;

б) механизм координатных перемещений на задней части на приставке.

Передняя зона станка является рабочей и занята ванной со столом и скобой, совершающей взаимно перпендикулярные перемещения. Скоба несет на себе механизм перемотки и механизм натяжения проволоки. Вся рабочая зона закрыта прозрачным кожухом. Механизм координатных перемещений вместе с редукторами заключен в отдельный корпус, рукоятка ручного перемещения скобы по двум направлениям выведены на правую боковую сторону. Вспомогательное оборудование — насосная установка расположена в приставке станины. С левой стороны от станка располагается комплектующее электрооборудование.

4. Кинематическая схема станка.

Кинематическая схема рисунок 3 обеспечивает:

а) подъем и опускание ванны, с рабочей жидкостью;

б) перемещение скобы в продольном и поперечном направлении;

в) управление положением проволоки при обработке деталей с наклонной образующей;

г) перемотку проволоки и раскладку ее на приемной катушке.

Подъем и опускание ванны осуществляется винтом 3, движение которому передается от электродвигателя М2 через червячную пару 1,2 и ходовую гайку 4. Скорость перемещения ванны 340 мм/мин.

Перемещение скобы в продольном и поперечном направлениях производится ходовыми винтами 6 и 12 (шаг 5 мм), которые приводятся в движение шаговыми электродвигателями М3 и М4 через редуктор. Передаточное отношение редуктора выбрано таким образом, чтобы линейное перемещение скобы на один импульс от устройства ЧПУ; (угол поворота вала электродвигателя равен 1,5°) составляло 0,001 мм.

Ручное перемещение скобы осуществляется следующим, образом:

- в продольном направлении непосредственно от ходового винта 6;
- в поперечном направлении через винтовую зубчатую передачу 15, 16.

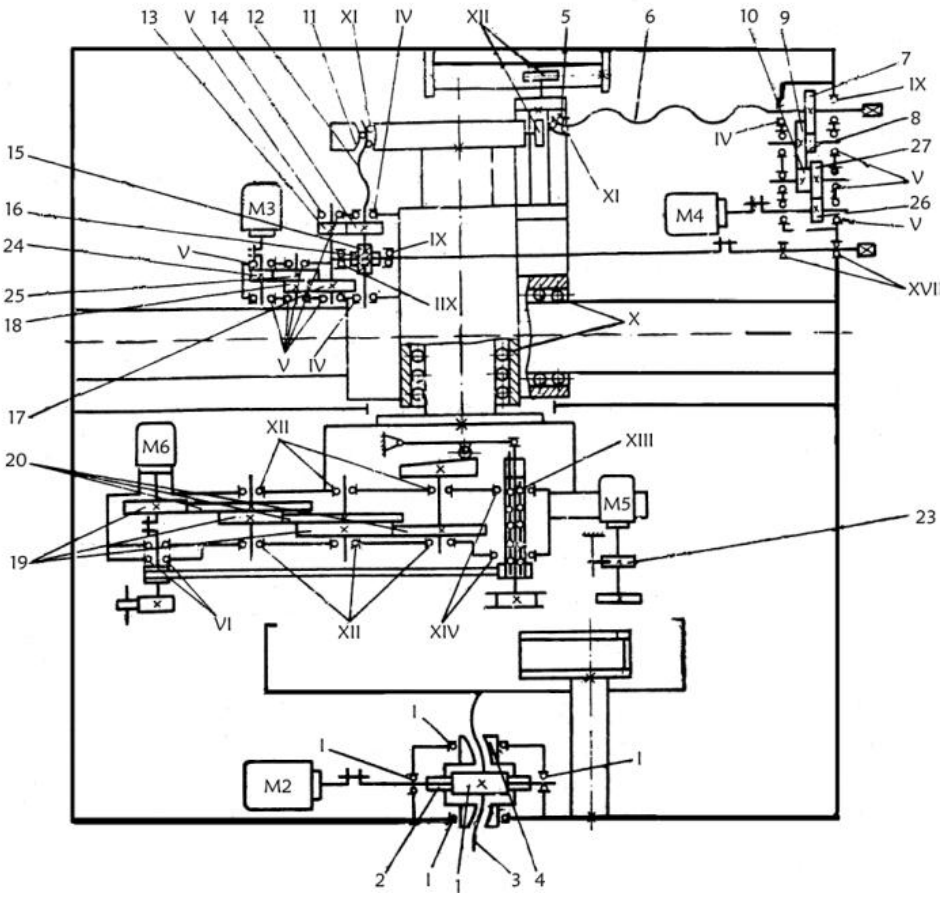


Рисунок 3. - Кинематическая схема: 1- червяк; 2 – червячное колесо; 3- Винт; 4 – гайка; 5 – гайка; 6 – винт; 7 – шестерня; 8,13 – шестерня; 9,17 – шестерня; 10,18 – шестерня; 11 – гайка; 12 – винт; 14 – шестерня; 15 – шестерня; 16 – шестерня; 19 – шестерня; 20 – шестерня; 23 – колесо храповое; 24 – шестерня; 25 – шестерня; 26 – шестерня; 27 – шестерня; 28 – шестерня; 29 – шестерня.

Перемотка проволоки производится непосредственно электродвигателем М6 через ведущий ролик диаметром 45 мм. Скорость перемотки регулируется в пределах 8-20 мм/с за счет изменения частоты вращения вала электродвигателя. Вращение на катушку, принимающую «отработанную» проволоку, передается через ременную передачу. Движение проволоки в рабочей зоне происходит сверху вниз. Раскладка «отработанной» проволоки на приемной катушке производится за счет осевого возвратно - поступательного движения катушки, осуществляемого качающимся рычагом и торцевым кулачком. Вращение кулачку сообщается от электродвигателя через дополнительный редуктор. Шаг раскладки проволоки около 1 мм.

Натяжение проволоки осуществляется двигателем М5, работающим в заторможенном режиме.

При обработке проволокой диметром менее 0,2 мм катушка устанавливается непосредственно на вал, связанный с двигателем натяжения проволоки.

При обработке проволокой диаметром 0,2 мм и более катушка устанавливается на отдельную ось. Далее проволока проходит между подпружиненными роликами и поступает на ролик, закрепленный на валу двигателя натяжения. Проволока делает на ролике два три оборота и движется далее по системам отклоняющих роликов направляющим к тянущему; ролику и приемной катушке.

Кинематическая схема приспособление для управления наклоном проволоки обеспечивает смещение верхней направляющей для получения требуемого угла наклона проволоки, поворот направляющей для обеспечения постоянного угла в сечении нормальном к обрабатываемому контуру. Оба движения осуществляются от одного приводного двигателя М7 через пару зубчатых колес 28, 29. Большое колесо 29 закреплено на планшайбе, имеющей торцевую спиральную нарезку. Внутри планшайбы находится втулка, которая может быть связана или с корпусом или с планшайбой посредством двух стопоров. Втулка имеет паз в котором установлен ползун с верхней направляющей для проволоки. Ползун имеет палец, входящий во впадину спиральной нарезки планшайбы. Радиальное смещение направляющей производится, когда втулка связана с корпусом приспособления, а поворот направляющей когда втулка связана с планшайбой. Радиальное смещение направляющей на один шаг двигателя составляет 0,001 мм, угловое смещение 6.

5. Составные части станка:

5.1. Станина.

Станина является основанием, на котором монтируется другие сборочные единицы станка, и служит емкостью для рабочей жидкости. Узел состоит из двух основных частей: нижней, в которую заливается рабочая жидкость и приставка, в котором монтируется насосная установка. На передней части станины устанавливается подъемная ванна со своим редуктором. На верхней части приставки крепится механизм координатных перемещений.

Для чистки станины от продуктов эрозии на задней стенке имеется два люка, закрытых крышками.

5.2. Ванна подъемная.

Ванна является резервуаром рабочей жидкости, в котором происходит обработка деталей. Внутри ванны расположен Г-образный стол; на котором закрепляется обрабатываемая деталь. Подъем и опускание ванны производится с помощью ходового винта, приводимого в движение одноступенчатым червячным редуктором. Верхнее и нижнее положение ванны ограничивается конечными выключателями. Стол Г-образной формы закрепляется на круглой стойке, проходящей через дно ванны, которая в свою очередь закреплена в корпусе редуктора. Верхняя плоскость стола, выверяется на параллельность ходом скобы при сборке.

Подвод рабочей жидкости к ванне осуществляется двумя гибкими шлангами один присоединен к патрубку и подает жидкость в зону обработки

для работы с поливом. В левом переднем углу ванны расположена стойка, перелива и слива жидкости после окончания работы на станке. Для того, чтобы слить жидкость из ванны, необходимо отвернуть рукоятку. С левой стороны на буртике ванны установлен датчик уровня жидкости.

5.3. Насосная установка.

Насосная установка предназначена для подачи рабочей жидкости из станины в зону обработки. Установка состоит из насоса и двух вентилей. Два вентиля обеспечивают подачу рабочей жидкости в ванну и в шланг для полива. Вся установка собрана на подставке и монтируется в проставке станины.

5.4. Механизм координатных перемещений.

Механизм координатных перемещений предназначен для сообщения скобе с проволокой взаимно-перпендикулярных перемещений в горизонтальной плоскости. Весь механизм смонтирован в корпусе. Внутри корпуса в продольном направлении перемещается каретка на двух скальчатых направляющих. Передняя направляющая является основной, а задняя служит вспомогательной опорой, на которую опираются подшипники, удерживающие каретку от поворота. Нижний подшипник сидит на эксцентриковой оси, с помощью которой производится регулирование затяжки подшипников.

Каретка имеет расточку, перпендикулярную продольному направлению, в этой расточке перемещается направляющая скалка, несущая на переднем конце скобы со своими механизмами. На заднем конце скалки закрепляется серьга, на которой установлены подшипники, предохраняющие скалку от поворота и винт с гайкой поперечного перемещениям. Винт и гайка продольного перемещения закреплены на правом торце каретки. В качестве направляющих качения в станке, использованы линейные подшипники качения.

На правую сторону коробки-корпуса выведены рукоятки ручных перемещений скобы. Рукоятка продольного перемещения сидит на конце ходового винта, а рукоятка поперечного перемещения соединена с валиком, связывающим рукоятку с ходовым винтом через редуктор поперечного перемещения.

Редуктор поперечного перемещения устанавливается в развале каретки, а редуктор продольного перемещения закреплен на правой стороне коробки корпуса. Для компенсации прогиба продольной направляющей в вертикальной плоскости установлена специальная тяга. Тяга расположена ниже оси скалки и при затяжке гаек происходит деформация направляющей скалки, компенсирующая прогиб, возникающих под действием веса подвижных частей.

5.5. Редуктор поперечного перемещения.

Редуктор обеспечивает кинематическую связь между шаговым двигателем и ходовым винтом, а также рукояткой ручного, перемещения и ходовым винтом. Передаточное отношение редуктора таково, что на один

импульс пульта программного управления (поворот вала двигателя на 1,5°) линейное перемещение составляет 0,001 мм.

Редуктор состоит из трех пар прямозубых цилиндрических колес, причем в каждой паре одно из колес выполнено разрезным, с подпружиненными половинками. Такая конструкция обеспечивает без люфтовое зацепление колес редуктора.

Для обеспечения связи ходового винта с рукояткой ручного перемещения в редуктор встроена винтовая зубчатая передача. Ведущая шестерня связана с рукояткой через валик и скользящую шпонку. Ведомая шестерня сидит на выходном валу редуктора.

5.6. Редуктор продольного перемещения.

Редуктор по назначению и устройству аналогичен редуктору поперечного перемещения, но в нем отсутствует винтовая зубчатая передача и рукоятка ручного перемещения связана непосредственно с ходовым винтом.

5.7. Кожух.

Передняя рабочая зона закрывается кожухом, который монтируется на корпусе механизма координатных перемещений.

При закрытой рабочей зоне отключается блокировка, запрещающая включение генератора при открытом кожухе, во избежание воздействия тока высокого напряжения на оператора.

5.8. Скоба.

Скоба (рисунок-4) служит для установки и закрепления всех устройств и механизмов, обеспечивающих перемотку и натяжение электрода-проволоки 7. Направление движения проволоки на рабочем участке сверху - вниз, что создает хорошие условия для заправки проволоки в обработанный паз при ее обрыве. На правой верхней стороне скобы закрепляется механизм натяжения проволоки, а на левой - механизм перемотки 10.

Для базирования проволоки на рабочем участке служат два направляющих блока из корунда 9. Верхний блок направляющих помещен на ползуне 4, имеющем возможность вертикального перемещения. С помощью ползуна изменяется величина рабочего участка проволоки в зависимости от высоты обрабатываемой детали 8.

Конструкция скобы обеспечивает регулировку положения проволоки в двух вертикальных плоскостях. В одной плоскости производится грубая регулировка за счет поворота всей скобы с помощью эксцентрикового пальца. Верхний блок направляющих можно смещать в двух направлениях по отношению к нижнему, что обеспечивает тонкую регулировку углового положения проволоки.

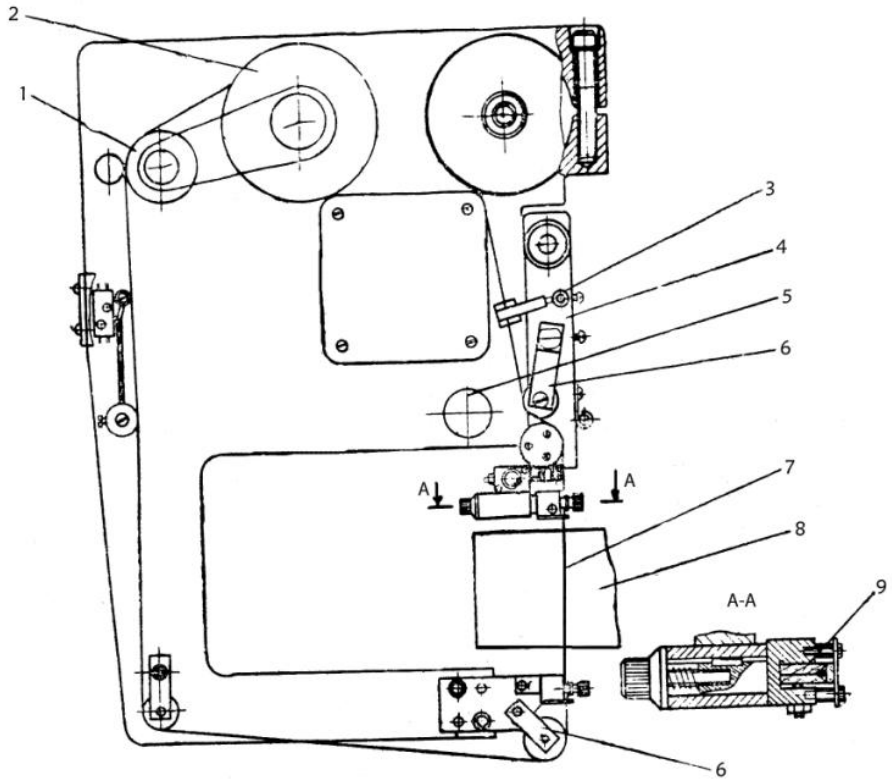


Рисунок 4. - Скоба: 1,2 –катушки; 3-демфер; 5- лампочка освещения;

На скобе установлена также лампочка освещения 5, световой поток которой может быть направлен в необходимую сторону за счет поворота колпака.

Движение проволоки осуществляется двумя способами в зависимости от ее диаметра.

Катушка с цельной проволокой 12 устанавливается непосредственно на валу тормозного электродвигателя 11.

Далее проволока проходит через демпфирующий ролик 6 и через демпфирующее устройство, состоящее из двух подпруженных роликов и устраняющее влияние погрешности намотки проволоки на изменение усилия ее натяжения при движении. Усилие прижима роликов регулируется таким образом, чтобы деформации проволоки (расплющивание) не происходило.

Для создания первоначального усилия натяжения на проволоке ролик большего диаметра имеет устройство для создания момента сопротивления движению, состоящее из стержня, упирающегося своим сферическим концом в пяту. Давление стержня на пяту и тем самым, момент сопротивления движению, регулируется винтом через пружину. Далее проволоку поступает на ролик, закрепленный на валу двигателя, работающего в заторможенном режиме и создающего нужную величину усилия натяжения проволоки. На ролике проволока делает два три оборота для создания силы трения, необходимой для сцепления проволоки с роликом. При этом необходимо следить за тем, чтобы проволока при перемотке не перехлестывалась на ролике. После этого проволока проходит через демпфер 3, представляющий из себя прижим из мягкого материала, систему, отклоняющих роликов,

направляющие токоподводы и поступает к тянущему ролику и приемной катушке 2 механизма перемотки проволоки.

Катушка с проволокой диаметром менее 0,2 мм устанавливается непосредственно на вал тормозного двигателя, для чего тормозной ролик снимается. Дальнейшее движение проволоки аналогично выше описанному.

Фиксация положения электрода-проволоки на рабочем участке осуществляется двумя блоками (верхним и нижним) направляющих.

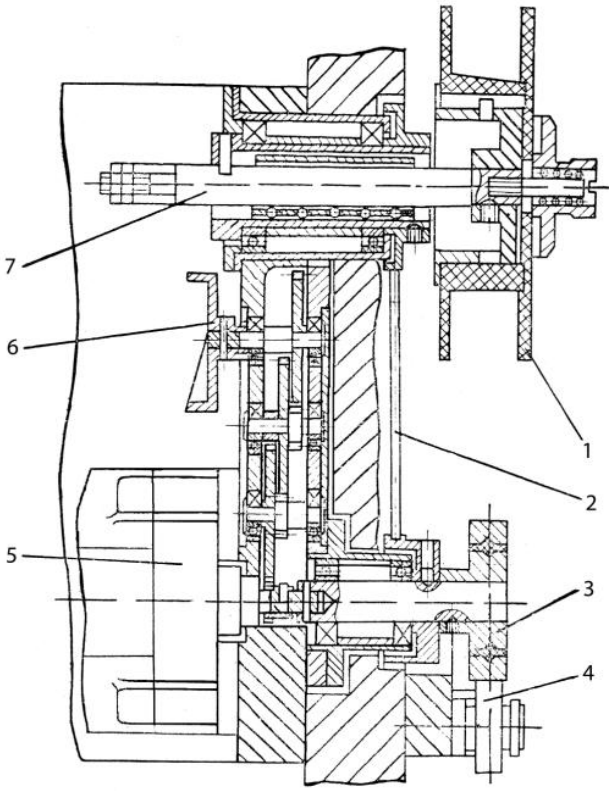
Верхний блок состоит из 2-х корундовых пластин с фасками и прижимной пластинки.

В зависимости от диаметра проволоки соответственно используется пластины с разными фасками.

Наличие корундовых пластинок обеспечивает надежную изоляцию проволоки, большую износостойкость и малое сопротивление движению проволоки за счет низкого коэффициента трения.

5.9. Механизм перемотки проволоки.

Механизм перемотки проволоки (Рис.5) служит для протягивания проволоки на рабочем участке с целью компенсации ее износа во время



обработки и раскладки изношенной проволоки на приемной катушке 1.

Рисунок 5. - Механизм перемотки проволоки

Перемотка производится двумя роликами 3, 4, один из которых является ведущим, а второй прижимным. Ведущий ролик 3 связан непосредственно с двигателем перемотки 5. Связь между ведущим роликом и приемной катушкой осуществляется с помощью ремня 2. Предохранение проволоки от обрыва на участке от ведущего ролика до приемной катушки,

который может иметь место из-за различной линейной скорости проволоки на ведущем ролике и приемной катушке, осуществляется проскальзыванием ремня на шкивах.

Раскладка проволоки на приемной катушке производится за счет осевого смещения катушки. Для этой цели имеется дополнительная кинематическая цепь от двигателя к ползуну 7, на котором закреплена приемная катушка. Ползун приводится в движение рычагом через торцевой кулачок 6.

Программа работы

1. Изучение компоновки вырезного электроимпульсного станка мод. 4732ФЗМ, выяснение его конструктивных особенностей.
2.Изучение кинематической схемы станка, конструкций важнейших узлов станка и их взаимосвязь.
3. Изучение системы СЧПУ для управления процессом обработки.
4. Построить конструкторско-функциональную схему станка мод. 4732ФЗМ
4. Ознакомление с пуско-регулирующей аппаратурой и работой механизмов непосредственно на станке.
5. Наладить станок на обработку образцов, произвести обработку образцов.

Этапы работы на станке следующие:

1. Установить и закрепить заготовку, закрепить электрод-проволоку на скобе.
2. Включить насос для заполнения РЖ ванны. Обрабатываемая поверхность детали должна находиться не ближе 50мм от поверхности РЖ в ванне.
3. Установить необходимые параметры рабочих импульсов источника питания. Включить ИП, включить сам станок и произвести обработку образцов.
4. Снять статическую характеристику привода ЭИ.

Контрольные вопросы.

1. В чем отличие механизмов продольного и поперечного перемещения скобы?
2. Из чего состоят блоки фиксации положения электрода- проволоки?
3. Как осуществляется регулирование проволоки в двух вертикальных плоскостях?

Список рекомендованной литературы

1.Оборудование для размерной электрохимической обработки деталей машин. Под ред. проф. Ф.В. Седыкина - М.: Машиностроение, М.: -277с.

2. Шишенков В.А Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Контроль и автоматизация процессов обработки КПЭ».- Тула, ТулГУ, 2011 (ресурс кафедры)

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКИ ЛАЗЕРА КЗ-М ДЛЯ ПРОШИВКИ МИКРООТВЕРСТИЙ

Конструкторские особенности лазерной установке КЗ-М для прошивания микроотверстий, наладка и технологические основы его применения. Определение зависимости размеров микроотверстий от параметров светового импульса.

1. Цель работы.

Целью работы является закрепление и углубление знаний студентов, полученных на лекциях при изучении курса “Оборудование КПЭ“, а также приобретение практических навыков создания конструкторско-функциональной схемы установки КЗ-М и этапы подготовки к работе. Исследование размеров микроотверстий от параметров светового импульса

Содержание работы

1. Изучить принцип действия и схему лазерной установки КЗ-М.
2. Изучить конструкцию узлов установки.
3. Освоить настройку установки на прошивание микроотверстий.
4. Изучить зависимость диаметра прошиваемого отверстия от величины диафрагмы и от параметров импульса.

1. Общие сведения о лазерной обработке.

По широте применения лазерная техника сопоставима только с компьютерной. Области эффективного использования лазерных технологий весьма разнообразны - обработка материалов, связь, информатика, медицина, военная техника и многие другие. Лазерная обработка материалов включает в себя резку и раскрой листа, сварку, закалку, наплавку, гравировку, маркировку и другие технологические операции.

Использование лазерной технологии обработки материалов обеспечивает высокую производительность и точность, экономит энергию и материалы, позволяет реализовать принципиально новые технологические решения и использовать труднообрабатываемые материалы, повышает экологическую безопасность предприятия.

С помощью сфокусированного луча оптического квантового генератора может осуществляться микросварка металлов, прошивание отверстий очень малого диаметра (Д = 0,002…0,3 мм).

Лазерная обработка может быть использована в производстве полупроводников, микроэлектронных и электровакуумных приборов, в технологии точного машиностроения, а также научных исследованиях (спектроскопия, химия, физика твердого тела, микробиология, медицина и т.д.) Для технологических целей важен угол расхождения луча и размер

пятна, которой составляет при лазерной обработке 10^{-8} – 10^{-9} см^2, что соответствует концентрации энергии 5*(10^{-8} – 10^{-9}) Вт/см^2.

В настоящее время разработано множество разнообразных оптических квантовых генераторов, отличающихся рабочими веществами (в этом качестве используются кристаллы, стекла, пластмассы, жидкости, газы, полупроводники) и способами создания инверсии населенностей (оптическая накачка, разряд в газах, химические реакции и т.д.).

Излучение, существующих оптических квантовых генераторов, охватывает диапазон длин волн от ультрафиолетовой до дальней инфракрасной области спектра, примыкающей к миллиметровым волнам.

Особенности светолучевой обработки:

1. Высокая импульсная мощность излучения (дл 5х10^8 Вт при энергии 1 – 500 Дж) и возможность создания чрезвычайно высокий плотности (до 100 млн/Вт/см^2) фокусируя луч на небольшой площади (0,01 мм);
2. Кратковременность импульсов (10 – 500 мк/с);
3. Возможность локализации и точного направления лазерного луча путем острого фокусирования на обрабатывающем участке;
4. Импульсное возникновение высокой температуры (тысячи градусов) и давлений (тысячи атмосфер) в фокусе луча на обрабатываемой поверхности;
5. Практически полная когерентность луча и монохромотичность;
6. Отсутствие обрабатывающего инструмента.

1.1. Принцип действия и схема установки КЗ-М

Установка состоит из следующих основных узлов:

1. Оптический квантовый генератор;
2. Блок питания;
3. Пульт управления;
4. Оптическая система;
5. Измеритель энергии;
6. Предметный столик.

2. Оптический квантовый генератор (ОКГ)

Оптический квантовый генератор состоит из резонатора с активным элементом и системы оптической накачки (рисунок 1)

Резонатор образован зеркалами 4 и 9, между которыми установлен кристалл рубина 6.

Для регулирования получаемой энергии когерентного света перед зеркалом 9 имеется диафрагма 8.

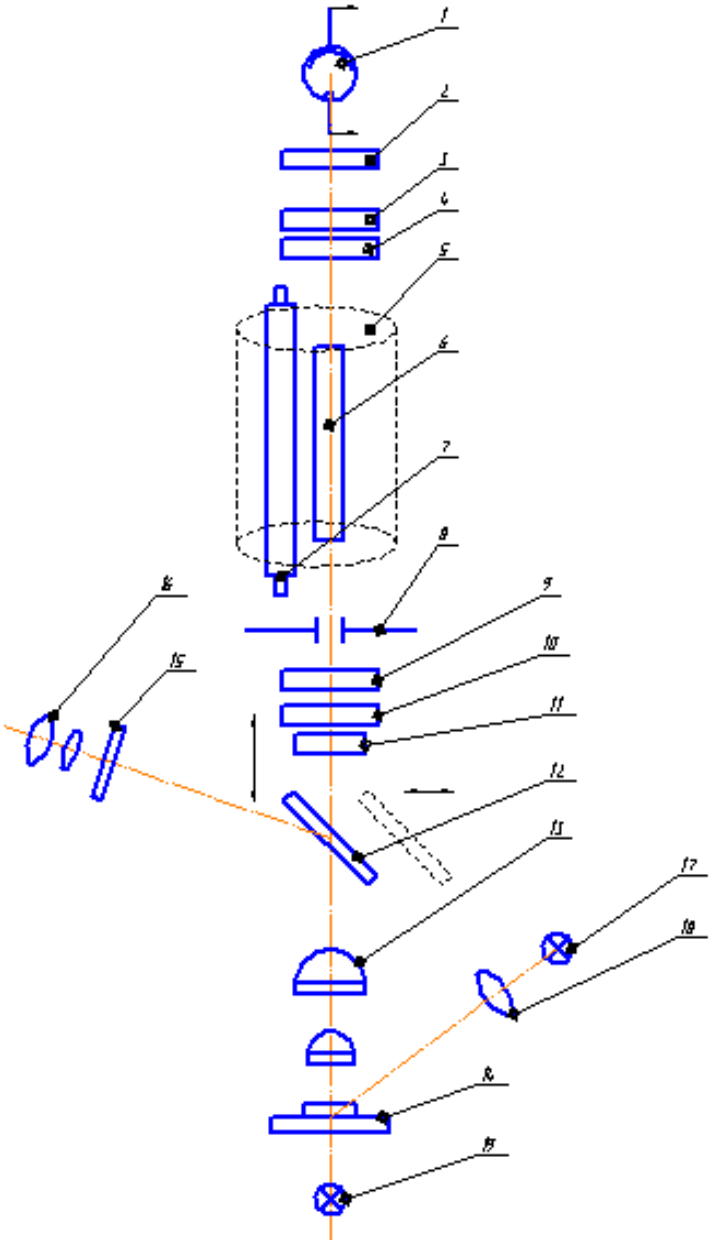


Рисунок 1. - Принципиальная схема ОКГ.

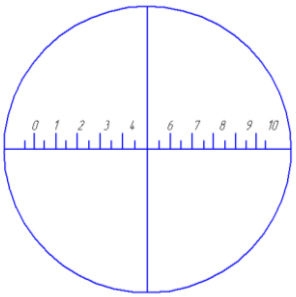


Рисунок 2. - Сетка.

В ОКГ установки КЗ-М использована схема с карандашной импульсной лампой ИФП – 800 и эллиптическим рефлектором, так что в одном фокусе эллипса находится лампа, а в другом рубиновый стержень.

При разрядке батареи конденсаторов блока питания через импульсную лампу энергия батареи

$$E=CU^2/2$$

Превращается в энергию квантового излучения с КПД = 0,1…1%.

При облучении рубинового кристалла мощной вспышкой белого света от лампы ИФП – 800 ионы хрома, поглощая цвет в сине – зеленой части спектра, переходят в возбужденное состояние, в котором они находятся в течении 10^{-8} секунд. За это время большинство ионов переходят в промежуточное состояние.

В промежуточном состоянии ионы хрома могут находится в течении 10^{-3} – 10^{-4} секунд. За время вспышки импульсной лампы происходит накопление возбужденных ионов.

Из промежуточного состояния ионы хрома могут переходить самопроизвольно с выделением кванта энергии

$$Э=h\nu=E_1-E_2$$

где E_1 и E_2 – энергия уровней 1 и 2, h- постоянная Планка, ν – частота перехода ионов из промежуточного состояния может осуществляться под действием излучения, частота которого равна частоте перехода (λ=6943А). такие переходы называются индуцированными, а соответствующее излучение индуцированным.

При индуцированных переходах излучается свет, имеющий ту же длину волны, направление, фазу и поляризацию, что и свет вызывающий индуцированное излучение.

Когда концентрация возбужденных ионов в промежуточном состоянии в рубине становится такой, что активная среда начинает проявлять усиленные свойства, т.е. при прохождении света λ=6943А индуцированное излучение преобладает над поглощением.

Свет, излученный в направлении оси резонатора, отражается от зеркал 2 и 9. Зеркало 2 имеет коэффициент отражение около 1, а зеркало 9 – около 0,5. При многократном прохождении через активную среду свет усиливается, и при этом концентрируются потери на поглощение, рассеивание.

Излучение длится $3\text{-}5*10^{-3}$ с и характеризуется большой мгновенной мощностью (10^3Вт), высокой направленностью и когерентностью.

2.1. Измеритель энергии.

Так как зеркало 2 имеет коэффициент отражения близкий к 1, то коэффициент пропускания света составляет несколько десятых долей процента. Световой поток, прошедший через зеркало 2 и пропорциональный отраженному световому потоку, используется для оценки световой энергии, попадающей в зону обработки. Блок-схема измерителя энергии показана на рис. 3. Сигнал с фотоэлемента преобразуется с помощью усилителя – формирователя, и пересчетных декад в определенное количество импульсов, число которых пропорционально измеряемой энергии. Отсчет энергии производится визуально по цифровому индикатору типа ИН – 1(см. рис. 6.)

2.2. Оптическая система.

Оптическая система служит для фокусировки излучения на обрабатываемый материал, а так же для наблюдения обрабатываемый объект освещается осветителем, состоящим из лампочки 17.

Фокусировка квантового луча осуществляется линзой 11 и объективом 13. При наблюдении подвижное зеркало 12 находится в положении показанном на рис. 1, а при работе генератора автоматически смещается в положение, изображенное пунктиром. Отражающее покрытие зеркал 4 и 9 закрыты защитными стеклами 3 и 10. В фокальной плоскости окуляра установлена сетка 2-15 с перекрестием (рис. 3) для наводки излучения на объект шкалой для измерений.

2.3. Электрическая схема установки

Электрическая схема установки КЗ-М состоит из пульта управления, системы сигнализации, измерителя энергии, блока питания, блока ОКГ и линии формирования импульса разряда в импульсной лампе ИФП – 800 (см. рис. 4).

Блок поджига содержит импульсный трансформатор с однополупериодным выпрямителем и тиратроном ТГИ, который создает импульс тока в первичной обмотке импульсного трансформатора в режиме работы установки «вспышка».

3. Конструкция узлов установки

1. Оптический квантовый генератор.

Элементы генератора смонтированы в следующем порядке (рисунок 1). Зеркала 3 и 9 и кристалл 6 установлены так, что их плоские поверхности параллельны друг другу с ошибкой не более 10. Такая установка достигается при юстировке оптической схемы с помощью винтов 1,2,5,14 (рисунок 1).

Диафрагма 7 сцентрирована с осью луча ОКГ. В корпусе ОКГ находится штуцер 8, на который насаживается резиновый шланг воздухопровода для охлаждения генератора.

2. Оптическая система

Оптическая система состоит из энергетической и наблюдательной частей.

Энергетическая часть системы состоит из узла крепления сменных объективов и механизма крепления и перемещения отрицательной линзы.

Перемещение отрицательной линзы производится расфокусировка излучения ОКГ, необходимого для некоторых технологических операций.

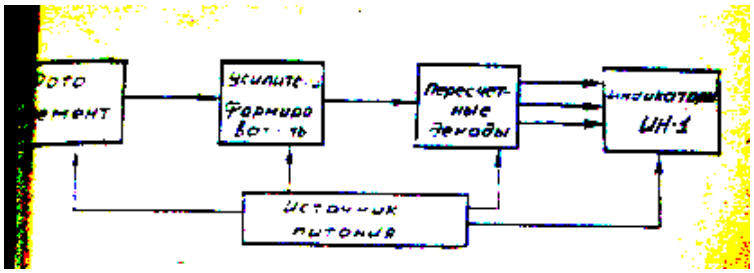


Рисунок 3. - Блок схема измерителя энергии

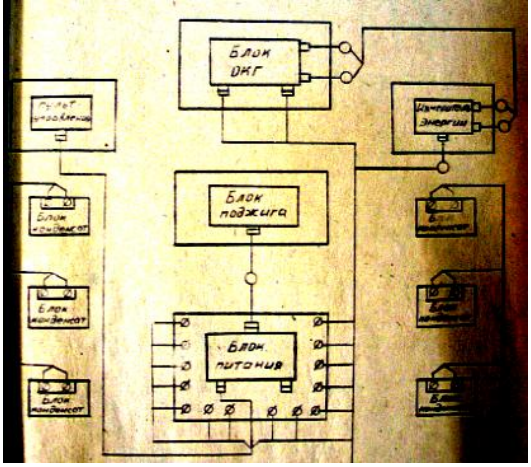


Рисунок 4. - Электрическая схема установки.

Наблюдательная часть системы состоит из тех же сменных объективов, механизма подвижного зеркала и визуальной трубки.

В визуальной трубке вмонтирована сетка, перекрестие которой совмещено с точкой фокусирования ОКГ. В комплект установки КЗ-М входит несколько объективов, предназначенных для выполнения различных технологических операций.

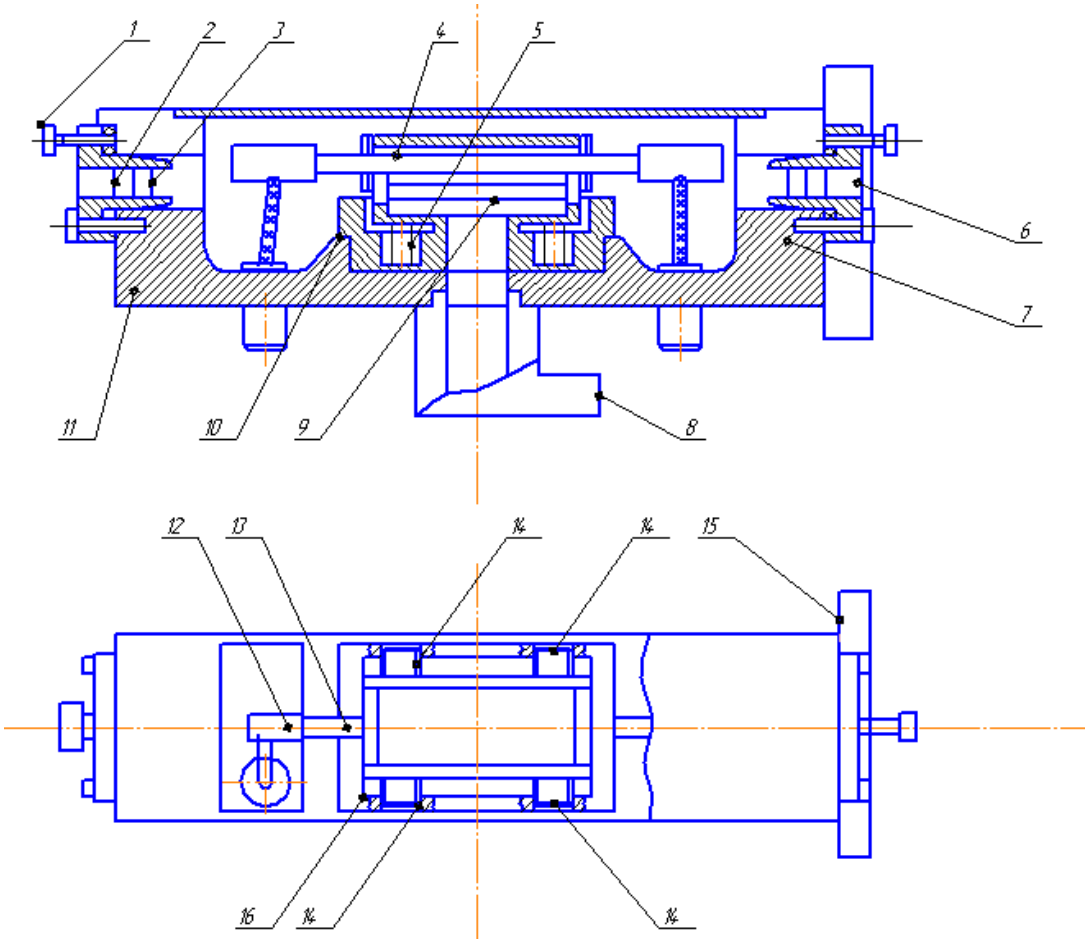


Рисунок 5. - Головка ОКГ

4. Настройка установки на прошивание микроотверстий.

Для нормальной эксплуатации установки необходимо изучить элементы управления, показанные на рис. 6:

1 – измеритель энергии;
2 – вольтметр замера напряжения конденсатора;
3,4 – клавиши включения и выключения измерителя энергии;
5 – клавиша включения калибровки измерителя энергии;
6 – клавиша сброса показаний измерителя энергии;
7 – клавиша измерителя энергии;
8 – клавиша подготовки измерителя энергии к калибровке;
9,10 – клавиши включения и выключения установки;
11 – клавиша включения зарядов конденсатора;
12 – клавиша аварийного заряда;
13 – клавиша включения вспышки;
14 – клавиша «стоп-заряд»;
16 – переключатель батареи конденсаторов;
17 - переключатель батареи конденсаторов;
18 – гнездо крепления защитного стекла;
21 – маховичок привода диафрагмы;
22 – маховичок перемещения отрицательной линзы;
23 – предметный столик.

После подключения установки к сети и включения клавиши 9 необходимо дать прогреться тиратрону в системе управления установки (в течение 1,5 мин). В соответствии с желаемой энергией подкачки длительного импульса определяют коммутацию катушек индуктивности и батареи конденсаторов, а переключателями 16 и 17 устанавливают требуемое. Вертикальным перемещение столика 23 совмещают обрабатываемую поверхность предмета с фокальной плоскостью объектива, добиваясь резкого изображения обрабатываемой поверхности в окуляре. С помощью микрометрических винтов рабочего столика совмещают обрабатываемую точку поверхности предмета с центром перекрестия шкалы окуляра.

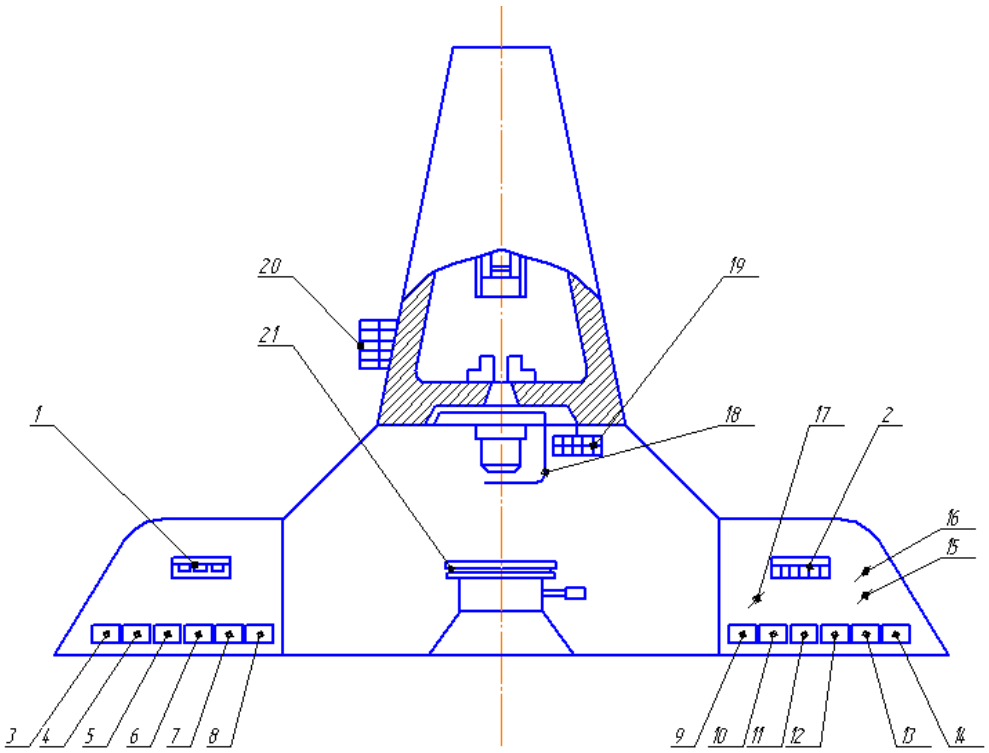


Рисунок 6. - Схема управления установкой.

Маховичком 21 устанавливают необходимый размер диафрагмы и маховичком 22 – желаемую расфокусировку луча ОКГ. После выполнения вышеуказанных операций установка готова к работе.

Клавишей 11 включается зарядка конденсатора. По достижению необходимого напряжения заряда конденсаторов перемещается нажатием на клавишу 14. Нажатием клавиши 13 производится поджиг и излучение ОКГ, пройдя оптическую систему, попадает на обрабатываемую поверхность.

Для предохранения наружной линзы от брызг расплавленного металла необходимо вставлять в специальное гнездо 18 защитное стекло.

Измерение энергии импульса ОКГ производится после следующих предварительных операций:

а) с помощью клавиши 3 необходимо включить измеритель энергии;

б) последовательным включением клавиш 8 и 5 произвести калибровку измерителя энергии. Клавишу 5 необходимо держать до остановки цифр на измерителе энергии;

в) клавишей 6 сбросить показания приборов;

г) нажать клавишу 7, тем самым зафиксировать готовность измерителя к работе.

5. Исследование лазерного сверления отверстий в металле

Использование лазерного луча для получения отверстий имеет следующие достоинства:

1. отсутствует механический контакт между сверлящим инструментом и материалом, а так же поломка и износ сверла.

2. увеличивается точность координации отверстия, так как оптика, используемая для фокусировки лазерного луча, используется также и для наведения его в необходимую точку. Отверстия могут быть ориентированы в любом направлении.

3. достигается большее отношение глубины к диаметру сверления, чем это имеет место при других способах сверления.

При сверлении свойства обрабатываемого материала существенно влияют на параметры лазерного излучения, необходимые для выполнения операции.

Тепловое воздействие на материал, его плавление и испарение из зоны воздействия происходят по модели с неподвижным тепловым источником.

В глубину отверстие растет в основном за счет испарения, а по диаметру за счет плавления стенок и вытекания жидкости при создаваемом избыточном давлении паров. Согласно разработанной модели кинетики образования отверстия в непрозрачном материале глубина h и диаметр Д отверстия определяются по формуле:

$$h = \sqrt{\left(\frac{D_0}{tg\gamma}\right)^3 + \frac{3W}{\pi tg^3\gamma L_0}} - \frac{D_0}{tg\gamma}$$

$$D = 2\sqrt{D_0^3 + \frac{3Wtg\gamma}{\pi L_0}}$$

где D_0 – начальный диаметр лунки (светового пятна),

W – энергия импульсного излучения,

γ – половина угла светового конуса,

L_0 – удельная энергия испарения материала при Т=ОК$_0$.

Контрольные вопросы.

1. Назовите основные элементы ОКГ?

2.Назавите основные этапы юстировки ОКГ?

Список рекомендованной литературы

1. Яковлев Е.Б. Лазерное оборудования, автоматизация и контроль технологических процессов. Конспект лекций. Учебное пособие.- СПб: СПбГУ ИТМО, 2005.

2. Вейко В.П. Лазерная микрообработка. Опорный конспект лекций СПб: СПбГУ ИТМО, 2005.

Лабораторная работа №5

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКИ ЛАЗЕРА LQ929 НА РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.

1. Цель работы.

Целью работы является закрепление и углубление знаний студентов, полученных на лекциях при изучении курса “Оборудование КПЭ“, а также приобретение практических навыков создания конструкторско-функциональной схемы установки LQ929 и этапы подготовки к работе.

Описание и работа

1.1 Назначение изделия

Импульсный Nd:YAG лазер LQ929 (в дальнейшем лазер) предназначен для преобразования электрической энергии в мощное когерентное излучение в ближней ИК и видимой области спектра.

Лазер может применяться для научных исследований в биологии, медицине,
фотохимии и других областях науки и техники. Лазер является лабораторным прибором периодического действия и представляет собой восстанавливаемое изделие.

По условиям эксплуатации в части воздействия климатических факторов лазер относится к изделиям исполнения УХЛ категории 4.1* по ГОСТ 15150. По воспринимаемым механическим воздействиям лазер относится к исполнению L3 по ГОСТ 12997.

1.2 Технические характеристики

Длины волн λ, нм 1064, 532

Диаметр пучка, мм, не более ø = 8 ± 0,5 при λ=1064 нм, ø=10 ± 0,5 при λ=532 нм

Длительность импульса, нс λ = 1064 нм

Частота следования импульсов, Гц 1-10

Угол расходимости на λ = 1064 нм, мрад, не более 1,5 ± 0,2

Джиттер (Jitter), нс, не более ± 1

Поляризация

λ = 1064 нм, вертикальная

λ = 532 нм, горизонтальная

Максимальная энергия импульса, мДж, не менее

λ = 1064 нм, А=1400-1500 мДж

λ = 532 нм, А=800-900 мДж

Относительная статистическая флуктуация
энергии импульса, %, не более

λ = 1064 нм ±2,5

λ = 532 нм ±3

Технические данные

Габаритные размеры (ДхВхШ), мм, не более

излучатель 625x128x218
блок питания 729x690x365
дисплей 212x155x60
Масса, кг, не более
излучатель 15
блок питания 68
дисплей 1
Объем охлаждающей жидкости (дистиллят), л 4,5
Питание
230 В ± 10 %, 50/60 Гц, максимальная потребляемая мощность 2,2 кВт.
230 В ± 10 %, 50/60 Гц, не отключаемая линия питания для системы температурной стабилизации излучателя, максимальная потребляемая мощность 120 Вт.

1.3 Состав устройства

Импульсный Nd:YAG лазер LQ929 включает в себя излучатель LQ929 поз.1 и блок питания LPS2500D поз.2.

Управление лазером осуществляется с помощью дисплея поз.3 Внешний вид лазера представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Внешний вид лазера

1.4 Устройство и работа

Лазер содержит задающий генератор и однопроходовый усилитель. Работа лазера основана на явлении усиления света за счет стимулированной эмиссии фотонов электронами в активной среде с инверсной населенностью уровней. В лазере качестве активной среды используются кристаллы Nd 3+ :YAG, в которых при оптической накачке импульсной ксеноновой лампой возникает инверсная населенность уровней. Для обеспечения эффективной передачи излучения ксеноновой лампы в активный элемент используется диффу зныйотражатель. Активный элемент, ксеноновая лампа и диффузный отражатель расположены в квантроне, в котором имеются отверстия для водяного охлаждения активного элемента и импульсной лампы.

Внутри резонатора задающего генератора расположен электрооптический затвор. Электрооптический затвор предназначен для осуществления работы лазера в режиме модулированной добротности. При работе лазера в режиме модулированной добротности вначале затвор закрыт, и под действием излучения накачки в активной среде возникает инверсная населенность уровней. Происходит накопление энергии. Когда инверсная населенность в активной среде достигает максимального значения, затвор открывается и лазер генерирует короткий импульс наносекундной длительности с высокой пиковой мощностью и длиной волны 1064 нм. Это излучение дополнительно усиливается в однопроходовом усилителе.

Для генерации излучения с длиной волны 532 нм используется генератор второй гармоники. Эффект генерации второй гармоники основан на явлении квадратичной нелинейной поляризуемости среды, в которой при прохождении света высокой интенсивности с частотой w возникает волна с частотой 2w. В генераторе второй гармоники используется нелинейный кристалл КТР с угловым синхронизмом.

1.4.1 Излучатель LQ929

Оптическая схема излучателя LQ929 представлена на рисунке 2. На рисунке 3 представлен вид сверху излучателя (верхняя крышка не показана). Одинаковые элементы на обоих рисунках обозначены одинаковыми позициями. элементы на обоих рисунках обозначены одинаковыми позициями.

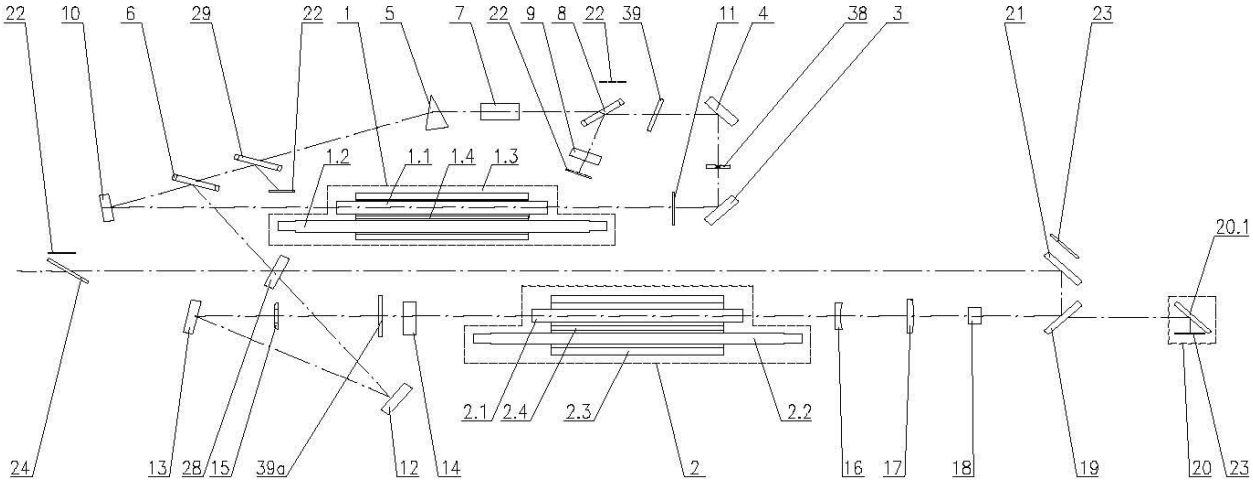


Рисунок 2 – Оптическая схема излучателя LQ929

Поз.1.1, 2.1стержни Nd:YAG;
поз.1.2, 2.2 лампы накачки;
поз.1.3, 2.3 отражатели;
поз.1.4, 2.4 УФ фильтры;
поз.3, 4, 10, 12, 13 поворотные зеркала;
поз.5 призма;
поз.6, 8 поляризаторы;
поз.7 ячейка Поккельса;
поз.9 возвратное зеркало;
поз.11 фазовая пластина;
поз.14 фазовращатель;
поз.16, 17 линзы телескопа;
поз.18 кристалл КТР;
поз.19, 21 сепараторы генератора второй гармоники;
поз.20 ловушка излучения;
поз.22, 23, 29 стеклянные пластины;
поз.24 защитное окно;
поз. 28 технологическое зеркало;
поз.39, 39а – компенсаторы.
В задающем генераторе используется кольцевая схема резонатора.

Резонатор сформирован зеркалами поз.3, поз.4, поз.9, поз.10, поворотной призмой поз.5 и поляризатором поз.6. Резонатор содержит квантрон, фазовую пластину поз.11, узел затвора (сформированный ячейкой Поккельса поз.7 и поляризатором поз.8), компенсатор поз.39, пластину поз.29.

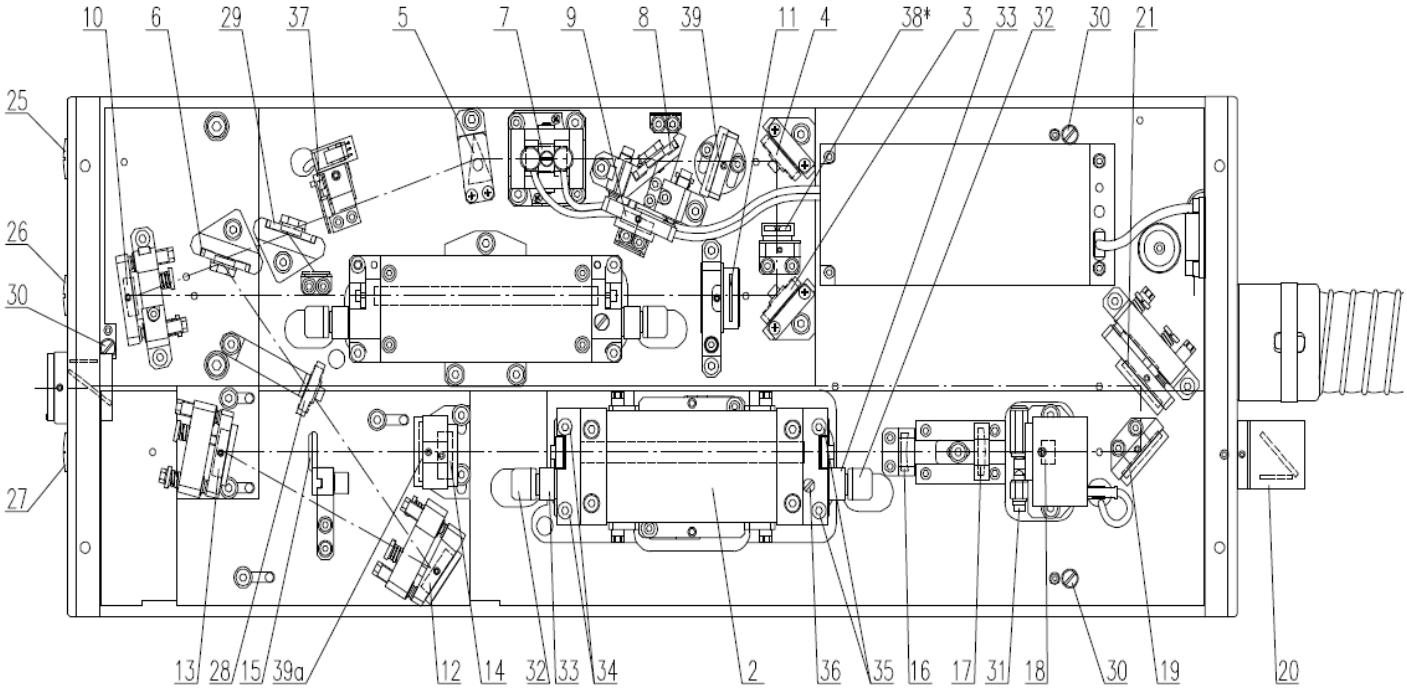


Рисунок 3 – Вид сверху излучателя

Нижняя часть квантрона содержит вход и выход для охлаждающей жидкости. Внутри резонаторная заслонка поз.37 служит для механической блокировки излучения, что обеспечивает безопасную паузу в работе лазера. Часть лазерного излучения, отраженная от поляризатора поз.8, направляется назад в резонатор при помощи возвратного зеркала поз.9.

Поляризатор поз.6 вместе с фазовой пластиной поз.11 образуют выходное зеркало с регулируемым коэффициентом отражения. Поляризатор поз.6 обеспечивает выход вертикального поляризованного излучения из резонатора. Излучение основной гармоники (1064 нм), выходящее из резонатора, направляется зеркалами поз.12, поз.13 на фазовращатель поз.14 и далее на квантрон усилителя и узел генератора второй гармоники, содержащий кристалл КТР

Импульсный Nd:YAG лазер LQ929 ЛУИГ 3.971.07101 РЭ 11поз. 18. Винт поз.31 служит для юстировки кристалла КТР в горизонтальной плоскости с целью получения оптимальной эффективности преобразования основной частоты во вторую гармонику. Излучение второй гармоники (532 нм) сепарируется от непреобразованного излучения основной гармоники (1064 нм) при помощи дихроичных зеркал поз.19 и поз.21.

Для обеспечения высокой стабильности параметров выходного излучения излучатель имеет температурную стабилизацию.

Излучатель содержит лампы накачки оптического генератора и усилителя, блок управления электрооптическим затвором, модуль управления термостатамиплиты оптического генератора, генератора второй гармоники.

Внешний вид излучателя представлен на рисунке 4.

Рисунок 4 – Внешний вид излучателя

Поз.1 крышка, обеспечивающая доступ к юстировочному винту, с помощью которого осуществляется юстировка зеркала резонатора поз.10 (см. рисунок 3) в вертикальной плоскости;

поз.2 крышка, закрывающая юстировочные винты возвратного зеркала поз.9 (см. рисунок 2);

В крышке излучателя имеется отверстие поз.3, обеспечивающее легкий доступ к винту точной юстировки узла генератора второй гармоники. Отверстие защищено заглушкой.

поз.4, поз. 9 - светодиоды модуля управления термостатами;

поз.4 - в данной модели лазера светодиод не используется;

поз.5 - зеленый светодиод, индицирующий состояние термостата узла генератора второй гармоники;

поз.6 и поз.7 - зеленые светодиоды, индицирующие состояние термостатов плиты оптического генератора;

поз.8 - желтый светодиод, отражающий состояние внутренней, локальной сети лазера;

поз.9 - желтый светодиод, индицирующий состояние связи с центральным процессором;

Внешний вид блока управления затвором представлен на рисунке 5.

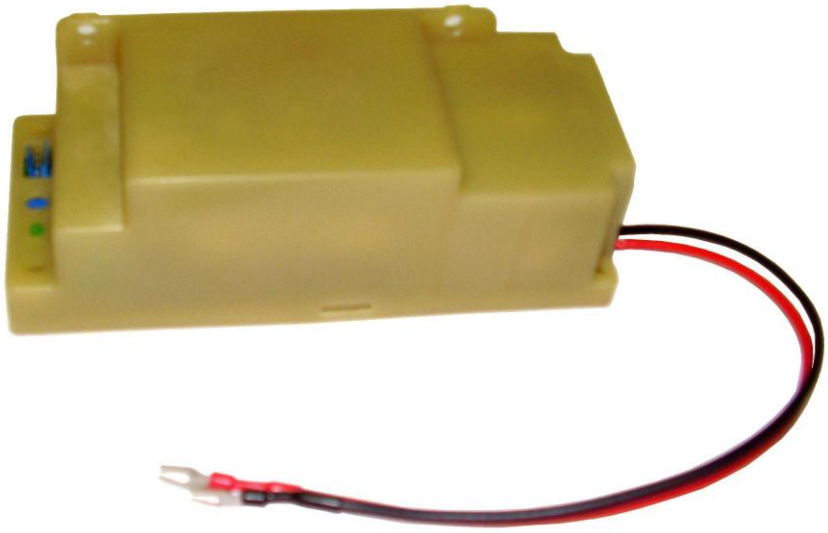


Рисунок 5 – Внешний вид блока управления затвором

поз.1 и поз.2 - высоковольтные провода («минус» и «плюс»), подающие напряжение от блока управления затвором на затвор;
поз.3 - индикатор наличия напряжения питания на блоке управления затвором;
поз.4 - потенциометр, позволяет регулировать величину высоковольтного запирающего напряжения на затворе;
поз.5 - разъем подключения питания к блоку управления затвором.

1.4.2. Дисплей

Дисплей состоит из ЖК дисплея, контроллера и мембранной клавиатуры. ЖК дисплей служит для отображения информации о режимах работы лазера. С помощью клавиатуры осуществляется переключение режимов работы лазера.

Контроллер формирует сигналы управления для ЖК дисплея, обрабатывает сигналы клавиатуры и обеспечивает связь блока питания и системы охлаждения с центральным процессором.

Внешний вид панели дисплея представлен на рисунке 6.

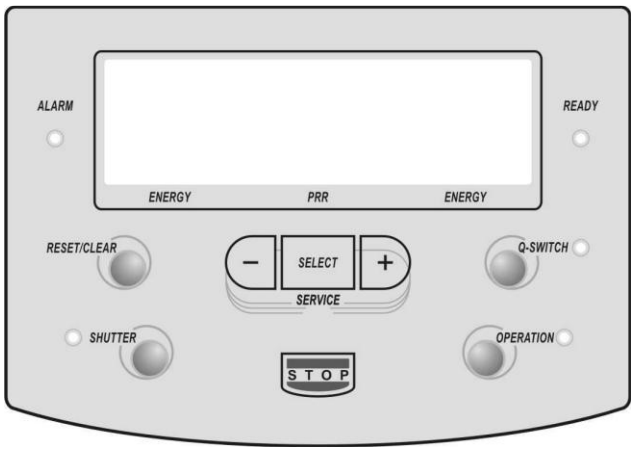


Рисунок 6 – Внешний вид панели дисплея

Поз.1 цифровой дисплей. Отображает информацию о величинах энергии, частоты повторения импульсов, задержки, состоянии дуги и т.д.;

поз.2 - «SELECT». Кнопка выбора подлежащего изменению параметра: частоты повторения импульсов или энергии импульса разряда. В сервисном режиме
с помощью кнопки «SELECT» выбирается необходимая закладка;

поз.3, поз.4 «» / «+». Кнопки для установки частоты повторения или значения энергии импульса разряда. В сервисном режиме кнопки «» / «+» служат
для изменения значения выбранных параметров;

поз.5 - «OPERATION». Кнопка запуска работы лазера в соответствии с частотой повторения импульсов;

поз.6 индикатор загорается при активизации режима «OPERATION».

поз.7 «QSWITCH». Кнопка включения / выключения блока управления затвором;

поз.8 индикатор «QSWITCH». Горит непрерывно при включенном состоянии блока управления затвором;

поз.9 индикатор «READY». Если он светится постоянно, то лазер готов к работе. Если он мигает, а также мигает надпись «LH t 8 ..» и / или надпись «CS t 8 ..» на цифровом дисплее, то лазер еще не готов к работе. Если он мигает, то кнопка «OPERATION» не активна;

поз.10 «STOP». Кнопка, позволяющая выключить лазер;

поз.11 «RESET / CLEAR». Кнопка, в сервисном режиме служащая для сброса числа наработанных импульсов и времени работы лампы;

поз.12 «SHUTTER». Кнопка для прекращения генерации с помощью заслонки внутри резонатора. Повторное нажатие обеспечивает возобновление генерации;

поз.13 индикатор «SHUTTER». Если горит желтый индикатор – заслонка закрыта, генерация невозможна. Если заслонка открыта – индикатор не горит, возможна генерация;

поз.14 «SERVICE». Кнопка, нажатая в основном режиме, устанавливает сервисный режим. Если дисплей находится в сервисном режиме, то нажатие этой кнопки устанавливает основной режим;

поз.15 индикатор «ALARM». Горит в аварийной ситуации. В этом случае на дисплее показано соответствующее сообщение об ошибке.

1.4.3 Блок питания лазера LPS2500D

Блок питания состоит из следующих основных узлов:

- блок питания PS1 для оптического генератора. Состоит из зарядного модуля, накопительного конденсатора, источника питания дуги, разрядного ключа и адаптера, обеспечивающего связь источника питания с центральным процессором через плату Common;
- блок питания PS2 для оптического усилителя. По составу аналогичен блоку питания для оптического генератора;
- плата Common обеспечивает передачу сигналов управления от центрального процессора для всех узлов блока питания и передачу сигналов контроля от всех узлов и датчиков лазера для центрального процессора;
- плата синхронизации обеспечивает передачу внешних сигналов управления разрядом лампы и блоком управления затвора, а также обеспечивает передачу сигналов, синхронных с разрядом в лампе, и сигналов управления блоком управления затвора для синхронизации внешних устройств;

- центральный процессор формирует весь алгоритм работы лазера, принимает и обрабатывает сигналы состояния всех датчиков, обеспечивает управление лазером от персонального компьютера;

- система охлаждения содержит насос, датчик протока, нагреватель, датчик температуры охлаждающей жидкости, вентиляторы и плату управления вентиляторами.

Передняя панель блока питания представлена на рисунке 7.

Рисунок 7 – Внешний вид передней панели блока питания

Поз.1 «OFF / ON». Ключ включения блока питания;

- поз.2 индикатор «POWER». Указывает на включенное состояние блока питания;
- поз.3 «LASER STOP». Кнопка полного отключения системы (используется только в случае опасности). Для того, чтобы перезапустить лазер, необходимо отщелкнуть кнопку «LASER STOP» (повернуть по стрелке на кнопке);
- поз.4 «RS232». Разъем для подключения к компьютеру через RS232;
- поз.5 «DISPLAY». Разъем для подключения дисплея;
- поз.6 «QSWITCHIN». Вход синхронизации блока управления затвором от внешнего источника;
- поз.7 «QSWITCHOUT». Выход синхроимпульса блока управления затворомс изменяемой задержкой относительно импульса разряда;
- поз.8 «LAMP OUT». Выход синхроимпульса разряда лампы накачки;
- поз.9 «LAMP IN». Вход синхронизации блока питания от внешнего источника.

2. Исследование и анализ лазерного сверления микроотверстия в металле на установке LQ929.

Использование лазерного луча для получения отверстий имеет следующие достоинства:

1. отсутствует механический контакт между сверлящим инструментом и материалом, а так же поломка и износ сверла.
2. увеличивается точность координации отверстия, так как оптика, используемая для фокусировки лазерного луча, используется также и для наведения его в необходимую точку. Отверстия могут быть ориентированы в любом направлении.
3. достигается большее отношение глубины к диаметру сверления, чем это имеет место при других способах сверления.

При сверлении свойства обрабатываемого материала существенно влияют на параметры лазерного излучения, необходимые для выполнения операции.

Тепловое воздействие на материал, его плавление и испарение из зоны воздействия происходят по модели с неподвижным тепловым источником.

В глубину отверстие растет в основном за счет испарения, а по диаметру за счет плавления стенок и вытекания жидкости при создаваемом избыточном давлении паров.

Согласно разработанной модели кинетики образования отверстия в непрозрачном

$$h = \sqrt{\left(\frac{D_0}{tg\gamma}\right)^3 + \frac{3W}{\pi tg^3\gamma L_0}} - \frac{D_0}{tg\gamma}$$

материале глубина h и диаметр Д отверстия определяются по формуле:

$$D = 2\sqrt{D_0^3 + \frac{3Wtg\gamma}{\pi L_0}}$$

где D_0 – начальный диаметр лунки (светового пятна),
W – энергия импульсного излучения,
γ – половина угла светового конуса,
L_0 – удельная энергия испарения материала при $T=OK_0$.

Список рекомендованной литературы

1. Яковлев Е.Б. Лазерное оборудования, автоматизация и контроль технологических процессов. Конспект лекций. Учебное пособие.- СПб: СПбГУ ИТМО, 2005.

2. Вейко В.П. Лазерная микрообработка. Опорный конспект лекций СПб: СПбГУ ИТМО, 2005.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6-7

Изучение и составление КФС электрохимического станка АТ-90.

1. Цель работы

Изучить устройство и принцип работы станка для электрохимического гравирования, его конструкционные особенности, приобрести практические навыки составления конструктивно-функциональных схем.

2. Основы теории

Размерная ЭХО осуществляется при взаимодействии ряда электрохимических, тепловых и гидравлических процессов, определяющих специфические условия реализации этого метода формообразования.

Существенные успехи в решении проблемы повышения точности размерной ЭХО достигнуты благодаря использованию схем ЭХО, обеспечивающих прерывистость электрохимического растворения.

ИЦ схемы ЭХО, к которым относится и ЭХО с вибрацией электрода инструмента, позволяет значительно повысить качество поверхности, уменьшить нагрев электролита и стабилизировать его электрическую проводимость по длине МЭП, повысить точность ЭХО за счет увеличения степени локализации процесса электрохимического растворения.

ЭХО на импульсном токе позволяет устранить такие дефекты как размывы и струйность.

Вибрация электрода повышает точность обработки. Максимальный эффект достигается при сочетании вибрации с системой регулирования МЭЗ. На точность и производительность метода оказывают влияние частота колебаний электродов и фаза включения импульса технологического тока. Так, при обработке стали Х18Н10Т увеличение частоты колебаний электрода с 50 до 300 Гц повышает точность копирования ЭИ почти в 3 раза, выход по току – в 4 раза, скорость обработки – в 8 раз, а смещение фазы импульса тока на 90°, сопровождаемое уменьшением зазора в 2 раза и увеличением технологического тока в 1,8 раза, приводит к возрастанию скорости прошивки почти в 7 раз. Такая зависимость скорости процесса от этих параметров может быть объяснена только изменением гидродинамических условий в зазоре, т.е. скорости потока электролита в момент приложения импульса тока к МЭЗ и ставит последнюю в ряд важнейших параметров, которые непосредственно связаны с точностью обработки.

Расчет скорости электролита в МЭЗ производится для дискового ЭИ с отверстием в центре для подвода электролита.

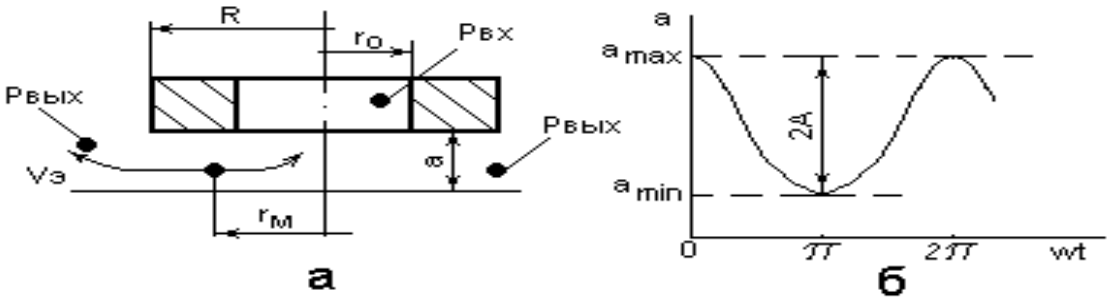


Рис.1. Расчетная схема МЭЗ.

При гармонических колебаниях ЭИ величина зазора а, в соответствии с рис.1б , при Д=(a_{min}+А)/А выразится как:

$$a = A(Д+\cos wt) \qquad (1)$$

Для заданной геометрии электрода (рис.1а) с учетом зависимости (1), получаем выражение для средней скорости электролита в зазоре на расстоянии r от центра электрода.

$$V_Э = -\frac{r_H}{r}\frac{dr_H}{dt} - \frac{\pi f \sin \varpi t}{Д + \cos \varpi t} r - r_H \qquad (2)$$

или , обозначив $B = \frac{\pi f \sin \varpi t}{Д + \cos \varpi t}$ и $П = Br_H^2 - \frac{r_H dr_H}{dt}$, имеем:

$$V_Э = \frac{П}{r} - Br \qquad (3)$$

Для расчета скорости по уравнению (3) нужно найти величину П, которую удобно выразить через радиус окружности с нулевой скоростью электролита r_{Vo}. Тогда при Vэ=0 из (3) получаем П=В r_{Vo}^2 . Подставляя последние выражение в (3), получим:

$$V_Э = \left(\frac{r_{Vo}^2}{r} - r\right)B \qquad (4)$$

При наличии постоянного перепада давлений на зазоре Рпр=Рвх-Рвых создаваемого насосом, сравнить противоположно направленные потоки электролита в МЭЗ по какому либо параметру невозможно. Поэтому расчет неизвестной величины r_{Vo} производится из уравнения потерь давлений по длине МЭЗ:

$$Рпр=(Рвх - P_{ro})+(P_{ro} - P_R)+(P_R - Рвых) \qquad (5)$$

При расчете перепада давлений по длине зазора, электролит рассматривается как несжимаемая жидкость, обладающая массой и внутренним трением (вязкостью). Потери давления dP на участке dr

выражаем из закона Ньютона и формулы Пуазейля для ламинарного течения жидкости между двумя параллельными плоскостями.

$$dP = \rho V э dV э + \frac{12\mu}{d^2} V э dr \qquad (6)$$

После интегрирования (6) с учетом (4) и расчета перепада давлений на границах МЭП получаем зависимости для расчета r_{Vo}.

Если $r_o \le r_{Vo} \le R$, то величину r_{Vo} находим по формуле:

$$r_{Vo}^2 = \frac{1}{2\ln\frac{R}{r_o}}\left(R^2 - r_o^2 - \frac{P_{пр}a^2}{6\mu B}\right) \qquad (7)$$

При $r_o < r_{Vo}$ величину r_{Vo} получаем как:

$$r_{Vo}^2 = r_o^2\left(1 + \frac{12\mu}{a^2\rho B}\ln\frac{R}{r_o}\right) - r_o^2\sqrt{\left(1 + \frac{12\mu}{a^2\rho B}\ln\frac{R}{r_o}\right)^2 - 1 - \frac{12\mu}{a^2\rho B}\frac{R^2 - r_o^2}{r_o^2} - \frac{2P_{пр}}{r_o^2\rho B^2}} \qquad (8)$$

Подставляя величину r_o в (4), получаем среднюю скорость электролита на окружности радиусом r . Зависимости (7) и (8) справедливы при $0 \le \varpi t \le \pi$, т.е. при движении ЭИ к детали, т.к. только в этом случае гарантируется условие неразрывности потока.

Способ размерной ЭХО с вибрацией электродов позволяет при формообразовании с повышенной точностью исключить из структуры электрохимического станка сложные дорогостоящие приводы подач ЭИ и системы защиты электродов от коротких замыканий. Вибрация обрабатываемой детали (или ЭИ) используется не только для контроля величины зазора между электродами, но и для перемещения ЭИ по мере растворения припуска на обрабатываемой детали.

2.1. Классификация вибраторов

Вибраторы, применяемые для технологических целей в машиностроении, по принципу возбуждения подразделяются на механические, электрические, пневматические и гидравлические.

На рис.2 (паспорт) приведена классификация вибраторов, имеющих следующие диапазоны частот в Гц: механические инерционные 3…200, механические эксцентриковые 2…300, пневматические 2…200, гидравлические до 100, электромагнитные до 400, электродинамические 100…5000 и более.

Вибраторы должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Мощность, необходимая для выполнения заданной технологической операции.
2. Наименьшие габариты.
3. Простота регулирования по частоте и амплитуде.
4. Достаточная долговечность.
5. Плавная безударная работа.

6. Вибраторы должны иметь высокую стабильность амплитудных характеристик при изменении нагрузки во избежание коротких замыканий или снижения точности электрохимического формообразования.

Нестабильность амплитуды колебаний должна быть в несколько раз меньше величины МЭЗ, который в отдельных случаях составляет 0.02…0.05 мм.

7. Форма колебаний должна быть максимально приближена к синусоидальной с целью обеспечения наиболее благоприятных условий протекания электролита в МЭЗ.

Для художественного электрохимического гравирования на станке АТ-90 использован эксцентриковый вибратор, т.к. статические силы, действующие на электрод – инструмент и обрабатываемую деталь, не велики.

3. Объекты и средства исследования

Станок АТ-90 для художественного электрохимического гравирования предназначен для изготовления гравюр на деталях, для гравирования букв, цифр и др. знаков а также в качестве копировально-прошивочного станка для обработки гравюр штампов небольшого размера.

Основные технические характеристики станка:

Рабочий ток в импульсе…….3000А

Максимальная площадь обработки……90 см^2

Рабочее напряжение на МЭЗ…… 10…20 В

Длительность импульса ……. от 0.5 до постоянного тока

Максимальная точность обработки…….0,03 мм

Частота вибрации ……..37,5 Гц

Давление электролита ……..5 кг/см^2

В станке применена схема ЭХО с вибрацией обрабатываемой детали и импульсным технологическим напряжением.

Рабочий импульс на МЭЗ подается во время отвода обрабатываемой детали от катода-инструмента.

На рис.3 (паспорт) приведен общий вид электрохимического гравирования станка АТ-90 и показаны основные узлы и элементы станка.

1. Корпус станка.
2. Рабочая камера.
3. Шпиндельная головка.
4. Блок синхронизации.
5. Крышка передняя.
6. Вентилятор.
7. Блок управления.
8. Бак для электролита.

9,10. Дверцы рабочей камеры.

11. Насос для подачи электролита.
12. Приспособление для крепления заготовки.
13. Узел крепления электрода-инструмента.
14. Панель управления.

3.1. Вибратор стола

В станке АТ-90 применен вибратор эксцентрикового типа, который работает следующим образом.

Вращение от электродвигателя посредством ременной передачи сообщается шкиву 20 и валу вибратора 19, эксцентриковой втулке 3. Шатун 5 колеблется с определенной частотой и вибрации, сообщаются столу 4 (рис. 4 паспорта).

Сменные втулки эксцентриковые позволяют изменять амплитуду колебаний стол, величина которой A=2e, где e – эксцентриситет втулки.

Для улучшения динамики колебаний применены мембраны 8.

Сдвиг фаз между колебаниями стола и импульсами технологического тока осуществляется с помощью фотоэлектрического датчика, состоящего из лампы, диска 17 с прорезями и фотосопротивления. Смещением фотосопротивления по прорези диска изменяется фаза подачи импульсов технологического тока.

3.2. Привод электрода-инструмента

Для предотвращения возникновения коротких замыканий и поддержания величины МЭЗ в определенных пределах в качестве привода на станке АТ-90 применен шаговый двигатель, управляемый специальным блоком управления на интегральных схемах.

Для уменьшения люфтов при перемещении ЭИ в приводе подачи использованы винтовые шариковые направляющие, редуктор специальной конструкции.

Для сообщений колебаний столу вместе с обрабатываемой деталью используется механический эксцентриковый вибратор.

3.3. Блок управления шаговым двигателем.

Блок управления шаговым двигателем (рис.5 паспорта) служит для приведения в движение шагового двигателя ШД-4 и осуществления рабочей подачи электрода-инструмента, а также быстрого подвода и отвода на холостом ходу.

Управление шаговым двигателем шестифазное.

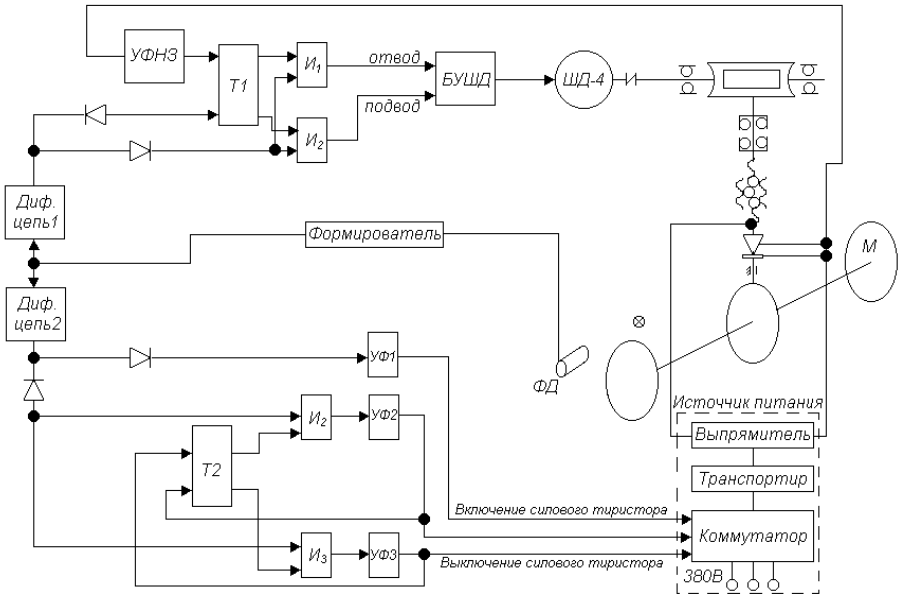
Блок управления шаговым двигателем выполнен на интегральных микросхемах (блок логики) и на дискретных элементах (усилители напряжения и мощности).

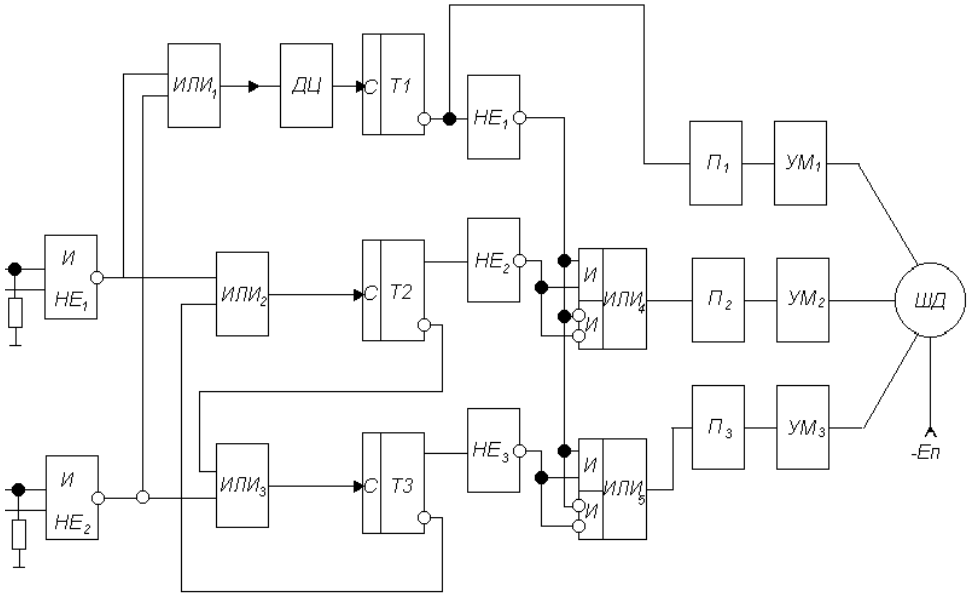
Конструктивно блок управления ШД-4 выполнен из 4-х блоков: блок логики, блок усилителей напряжения, блок усилителя мощности УМ1, УП2, УП3 (рис. 3) и блока питания.

При изменении порядка подачи импульсов на шаговый двигатель, направление вращения его изменяется и производится подвод или отвод ЭИ.

С выхода блока логики сигнал поступает на импульсные усилители, а с их выходов – на усилители мощности и на обмотки шагового двигателя .

Общая функциональная схема электрохимического гравировального станка АТ-90 представлена на рис.6 (паспорт).


УФНЗ
Т1
И1
И2
отвод
подвод
БУШД
ШД-4
Диф. цепь1
Диф. цепь2
Формирователь
М
ФД
УФ1
УФ2
УФ3
Т2
И3
Источчик питания
Выпрямитель
Транспортир
Коммутатор
380В
Включение силового тиристора
Выключение силового тиристора


И
НЕ1
И
НЕ2
ИЛИ1
ИЛИ2
ИЛИ3
ДЦ
С
Т1
Т2
Т3
НЕ1
НЕ2
НЕ3
И
ИЛИ4
ИЛИ5
П1
П2
П3
УМ1
УМ2
УМ3
ШД
-Еп

3.4. Шпиндельная головка.

Шпиндельная головка осуществляет быстрый подвод или отвод ЭИ на холостом ходу, рабочую подачу, поддерживает величину межэлектродного зазора в определенных пределах.

Шпиндельная головка состоит из шагового электродвигателя ШД-4 , редуктора и шпинделя.

При подаче сигналов от блока управления шаговым двигателем последний вращает через червячный редуктор ходовой винт.

Ходовой винт и гайка образуют шариковую винтовую пару. При вращении винта гайка перемещается и перемещает ползун по шариковым направляющим для уменьшения люфтов при перемещении электрода-инструмента.

Для отсчета перемещения электрода-инструмента. На корпусе шпинделя установлен индикатор.

Для уменьшения люфтов в червячной передаче редуктора применен подпружиненный к червячному колесу червяк.

Чтобы от смещения червяка не происходило его перекоса, он объединяется с валом шагового двигателя ШД-4 крестовой муфтой, передающей крутящий момент и компенсирующей осевые перемещения валов.

Редуктор имеет передаточное отношение i =32.

4. Подготовка к работе.

Подготовку к лабораторной работе необходимо выполнить в следующей последовательности:

1. Изучить технологические данные станка и его механической части, изучить устройство и принцип работы станка. После ознакомления с этим материалом в тексте и чертежах необходимо подойти непосредственно к станку и заново просмотреть материал с обязательным знакомством с элементами станка в металле.
2. Изучение станка непосредственно на рабочем месте следует производить под руководством преподавателя или учебного мастера. Не рекомендуется присутствие возле станка более 3…4 человек.
3. Изучение электрической части станка необходимо вести с подробным рассмотрением отдельных элементов электросхемы и взаимосвязи, выяснением функций органов управления.
4. Изучить работу вибратора и подготовить приборы для измерения параметров процесса ЭХО на станке.

5. Программа работы.

1. Изучить компоновку станка, его конструктивные особенности. Построить конструктивно-функциональную схему станка (узла).

2. Изучить устройство отдельных узлов и их взаимосвязь, обратив особое внимание на механизм вибрации и синхронизации колебаний обрабатываемой детали с подачей импульсов технологического тока.

6.Отчет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березков Б.Н., Полякова Л.А. Применение низкочастотной вибрации при электрохимической обработке металлов. – Электронная обработка металлов. 1978, №6, с. 23-24.
2. Бурков В.М., Румянцев Е.М., Волков В.И. Выбор технологических параметров ЭХО с вибрацией электродов. – Электрофизические и электрохимические методы обработки. 1980, №4, с. 6-8.
3. Паспорт на электрохимический гравировальный станок АТ-90.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Изучение и составление КФС оборудования для вакуумного ионно - плазменного нанесения покрытий

Цель работы

Изучить устройство и принцип работы оборудования для вакуумного ионно - плазменного нанесения покрытий различного, функционального назначения (теплоотражающих, солнцезащитных, ее конструкционные особенности, приобрести практические навыки составления конструктивно-функциональных схем.

2. Возможности оборудования для вакуумного ионно - плазменного нанесения покрытий.

Напылительные установки серии "Внук" предназначены для вакуумного ионно - плазменного нанесения покрытий различного, функционального назначения (теплоотражающих, солнцезащитных, декоративных, зеркальных) покрытий на плоские архитектурные стекла. Нанесение покрытия производится с помощью протяженных магнетронных распылительных систем с цилиндрическими катодами одновременно на два или четыре стекла. Применение предварительной ионно - плазменной очистки обеспечивает достижение высокой адгезии покрытия к подложке.

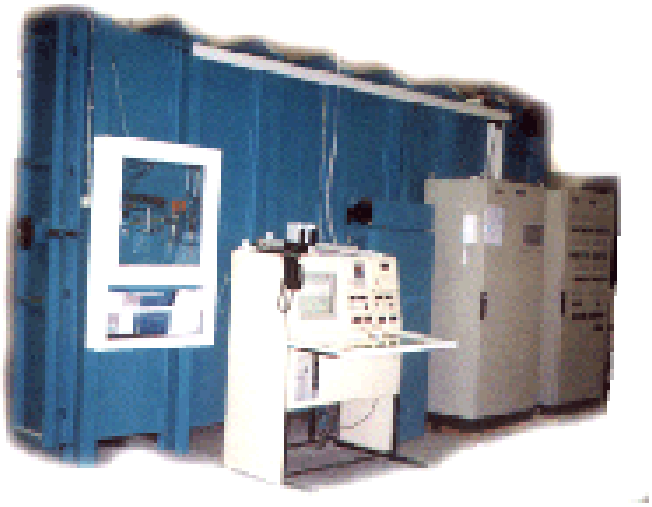


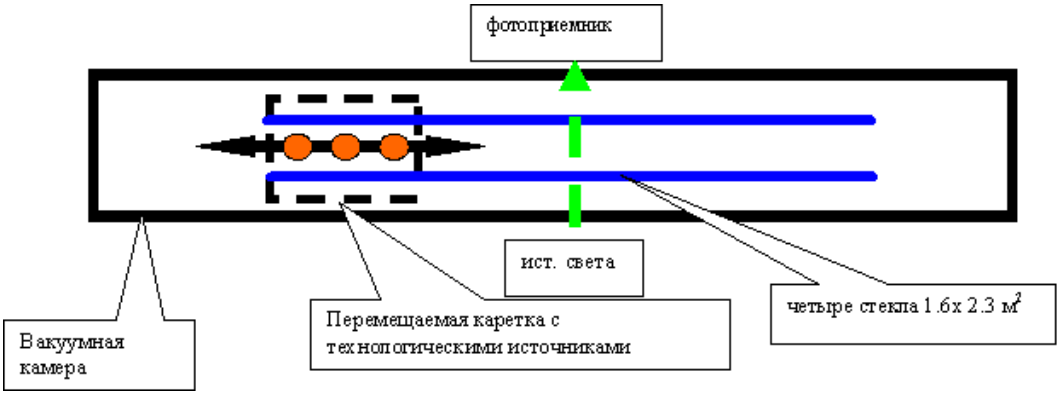
Рис. 1. . Установка серии "ВНУК"

Технические характеристики:

- габариты: длина - 7,0 м; высота - 2,5 м; ширина 1,7 м;
- расход воды за рабочий цикл - 1,5 м^3;
- средняя потребляемая мощность - 40 кВт;

- максимальная потребляемая мощность 90 кВт;
- количество стекол, обрабатываемых за один цикл - 4 шт. (160x250 см^2);
- средняя длительность рабочего цикла - 90 мин.;
- объем выпускаемой продукции за месяц (при трехсменной работе):
- тонированные архитектурные стекла и зеркала - 8000 м^2;
- теплосберегающие стекла - 4500 м^2;
- цветные тонированные стекла - 4500 м^2.

Схема установки, поясняющая ее работу при нанесении теплосберегающего покрытия, приведена на рис.8.2. В вакуумной камере размещаются неподвижно четыре стекла, между которыми может двигаться каретка с технологическими источниками, наносящими покрытие. Время прохода каретки вдоль камеры из одного крайнего положения в другое составляет 1 - 4 минуты. Слои покрытия наносятся последовательно. В зависимости от необходимой толщины слоя, он может наноситься либо за один проход каретки, либо за несколько проходов. В частности, при нанесении теплосберегающих покрытий, слои серебра и нержавеющей стали, наносятся за один проход каретки каждый, слои оксида титана - за несколько проходов. Измерение характеристик каждого слоя осуществляется с



помощью системы оптического контроля, непосредственно в ходе техпроцесса.

Рис. 2. Схема установки

После загрузки стекол в вакуумную камеру производится создание вакуума до остаточного давления 10-4 Торр. Первой стадией процесса является ионно - плазменная очистка стекол. Она проводится в атмосфере аргона при давлении - 10-3 Торр с помощью ионно - плазменного источника. Затем производится послойное нанесение теплосберегающего покрытия. Нанесение первого слоя оксида титана производится с помощью магнетронного распыления титановой мишени в смеси аргона и кислорода при давлении - 10-3 Торр. Толщина первого слоя оксида титана составляет 15 - 20 нм. Нанесение слоев нержавеющей стали и серебра, производится магнетронным распылением мишеней из соответствующих металлов в атмосфере аргона при давлении - 10-3 Торр. Толщина слоев нержавеющей стали, составляет 3 - 5 нм, а слоя серебра - около 10 нм. Второй слой оксида титана также наносится магнетронным распылением титановой мишени в

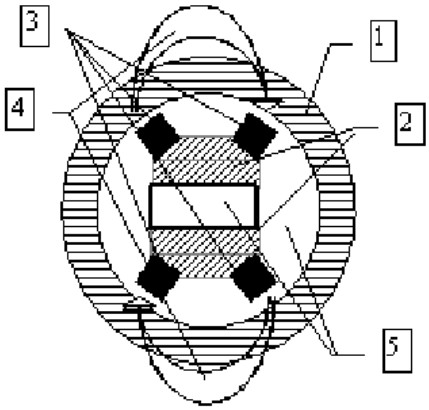
смеси аргона и кислорода при давлении - 10-3 Торр. После завершения процесса в вакуумную камеру напускается воздух и производится перегрузка стекол.

2. Магнетронные распылительные системы с цилиндрическими вращающимися катодами

Магнетронное распыление является в настоящее время основным методом однородного нанесения тонкопленочных покрытий на подложки большой площади.Получение низкоэмиссионных, солнцезащитных, оптических и др. покрытий предъявляет к магнетронным распылительным системам (МРС) требования высокой однородности нанесения пленки (не менее ± 2 %) с максимально высокой производительностью. Наиболее полно этим требованиям отвечают цилиндрические МРС с вращающимся катодом, в которых за счет высокого коэффициента использования мишени и уровня мощности достигается высокая производительность. Протяженные магнетронные распылительные системы с вращающимися цилиндрическими катодами предназначены для использования в высокопроизводительных вакуумных технологических установках для нанесения покрытий из металлов и их соединений на подложки большой площади, в частности на архитектурные стекла.

Рис.3. Магнетронная распылительная система

Конструктивно МРС (рис.8.4.) представляет собой трубу, выполненную из распыляемого металла, имеющую диаметр 60 -120 мм и длину до 2,5 м.



Внутри мишени (катода) расположены магнитная система на основе постоянных самарий - кобальтовых магнитов и каналы для протока охлаждающей воды. Система уплотнений позволяет вращать катод магнетрона относительно магнитов, при этом в зону распыления попадают новые участки катода.

Рис.4. Сечение цилиндрического магнетрона: 1 - распыляемый катод; 2 – магнитопровод; 3 – постоянные магниты; 4 – линия магнитного поля; 5 – каналы для протока охлаждающей жидкости.

Сечение цилиндрического магнетрона, формирующего два противоположно направленных потока распыленных атомов, упрощенно представлено на рис. Внутри катода 1 находится магнитопровод 2, на котором расположены ряды постоянных самарий - кобальтовых магнитов 3, формирующих над поверхностью катода арочное магнитное поле 4. Подвод и отвод охлаждающей воды осуществляется по каналам 5.

Сечение цилиндрического магнетрона, формирующего один поток распыленных атомов, упрощенно представлено на рис 8.6. Внутри катода находится магнитопровод, на котором расположены три ряда постоянных самарий - кобальтовых магнитов, формирующих над поверхностью катода арочное магнитное поле.

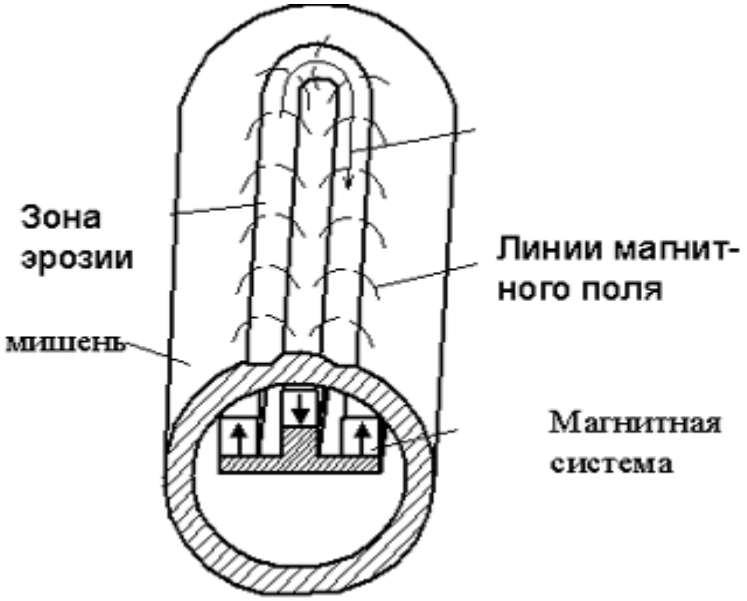


Рис.5. Сечение цилиндрического магнетрона, формирующего один поток распыленных атомов

Недостатком протяженных МРС является то, что даже при высокой однородности магнитного поля по длине мишени части подложки, расположенные вблизи концов магнетрона распыляются с меньшей скоростью, чем центральная часть подложки, из-за несимметричной диаграммы напыления. Поэтому для достижения высокой однородности

толщины покрытия на всей площади подложки приходится изготавливать магнетроны с размерами мишени на 30-50 см большими, чем размеры обрабатываемых подложек, что ведет к увеличению стоимости магнетронной распылительной системы. Еще одним недостатком МРС с вращающимся катодом является ускоренное эродирование концевых частей катода вследствие большей удельной мощности приходящейся на эти участки по сравнению с остальной частью мишени. Это приводит к тому, что в действительности коэффициент использования материала мишени далек от теоретически возможного.

4. Подготовка к работе.

Подготовку к лабораторной работе необходимо выполнить в следующей последовательности:

1. Изучить устройство, принцип работы оборудования и технологические возможности.
2. Изучение оборудования для вакуумного ионно - плазменного нанесения покрытий следует производить под руководством преподавателя.
3. Изучение механических элементов оборудования необходимо вести с подробным рассмотрением отдельных элементов и их взаимосвязи, выяснением функций органов управления.
4. Изучить работу цилиндрического магнетрона.

5. Программа работы.

3. Изучить компоновку оборудования для вакуумного ионно - плазменного нанесения покрытий, ее конструктивные особенности. Построить конструктивно-функциональную схему оборудования (узла).
4. Изучить устройство отдельных узлов и их взаимосвязь, обратив особое внимание на устройство цилиндрического магнетрона.

6.Отчет.

Литература

1. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование. Учебное пособие для вузов. - М.: Металлургия, 2002. - 432с.

2. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов.//Артамонов Б.А., Волков Ю.С., Дрожалова В.И., и др.-М.: Высшая школа, 1983- 246с.

3.Федоров Б. М., Мисюров А. И., Смирнова Н. А. Технология обработки материалов концентрированными потоками энергии : метод. указания к лабораторным работам по курсу "Технология машиностроительного производства" : в 2 ч. / Федоров Б. М., Мисюров А. И., Смирнова Н. А. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009