

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра технологии машиностроения

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ
ОБРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ
ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ»**

Составители
В.Г. ГУСЕВ
Н.В. ЖАРКОВ

Владимир 2007

УДК 621.91
ББК 34.5
М54

Рецензент
Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
А. В. Белевич

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине М54 «Технология обработки концентрированными потоками энергии» / сост. : В. Г. Гусев, Н. В. Жарков ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 74 с.

Приведено описание лабораторных работ по дисциплине «Технология обработки концентрированными потоками энергии». Включают цель проведения лабораторных работ, теоретические сведения, методику их проведения и требования к оформлению отчета.

Предназначены для студентов 4-го курса дневной формы обучения по специальности 150206 – «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов».

Табл. 11. Ил. 24.

УДК 621.91
ББК 34.5

Лабораторная работа № 1
ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ ОБРАБОТКА
ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: исследование влияния режимов электроискровой обработки на производительность процессов, шероховатость поверхности и точность обработки труднообрабатываемых сталей и твердых сплавов.

Общие сведения

При прохождении между двумя электродами импульсов электрического тока возникает разрушение электродов, т. е. электроэрозия. Разрушение электрода происходит путем образования лунки на его поверхности под воздействием единичного электрического разряда.

На поверхностях электрода-инструмента 1 и обрабатываемой детали 9 имеется большое количество микронеровностей (рис. 1). При подведении напряжения к электродам в межэлектродном промежутке возникает электрическое поле. Наибольшую напряженность оно имеет в направлении, проходящем через два наиболее близких друг к другу микровыступа на поверхности электродов.

При определенном значении напряженности электрического поля электрическая прочность рабочей жидкости нарушается – происходит электрический пробой промежутка и образуется канал разряда 4. По этому каналу устремляется электрическая энергия в виде импульсного разряда. Нагрев поверхности электродов

(до 10000 °С) создается в результате бомбардировки анода электронами и катода – положительными ионами. Вначале разряд обусловлен ионами жидкости, а затем – ионизированными парами металла, микропорции материала 2 и 8 плавятся и испаряются. В результате развивающихся в канале разряда 4 и газовом пузыре 5 динамических сил капли расплавленного материала 7 выбрасываются за пределы электродов и застывают в окружающей электроде рабочей жидкости 6 в виде мелких частиц 7 сферической формы.

После разряда в течение некоторого времени происходит восстановление электрической прочности рабочей жидкости. Следующий разряд возникает на поверхности электродов между двумя другими ближайшими точками.

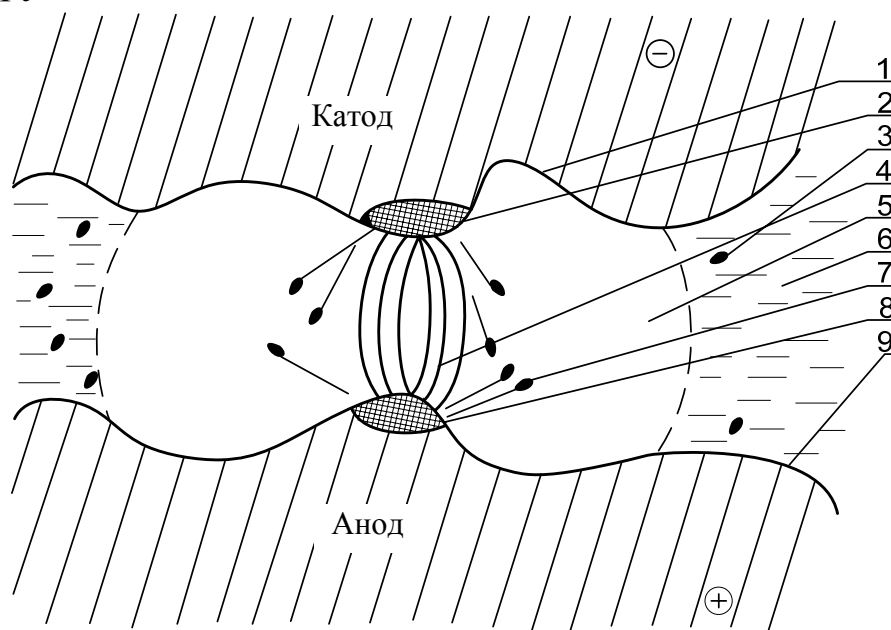


Рис. 1. Схема электрической эрозии: 1 и 9 – поверхности электродов; 4 – канал разряда; 4 – газовый пузырь; 6 – рабочая жидкость; 2 и 8 – микропорции материала, удаляемого с поверхности электродов; 7 – расплавленные частицы металла и застывшие в рабочей жидкости

Характер протекания электроэрозионного процесса, количество и состав удаляемого из электроэрозионной лунки материала,

скорость его удаления зависят от различных параметров импульсов электрического тока.

Основные параметры электрических импульсов: длительность, скважность, амплитуда и частота.

Длительность импульса τ определяет время действия импульса электрического тока (его продолжительность, рис. 2). При электрической обработке используются импульсы длительностью от 10^{-3} до 10^{-7} с. Скважностью импульсов q называют отношение периода повторения импульсов T к длительности импульса τ .

$$q = \frac{T}{\tau}; T = \tau + t_1,$$

где t_1 – интервал времени, в течение которого электрический импульс на электроды не подается.

Импульсы, применяемые при электроискровой обработке, следуют с большой скважностью ($q > 5 - 10$). Энергия каждого импульса невелика (4 – 5) Дж. Электроискровая обработка выполняется при прямой полярности подключения электродов: электрод-инструмент является катодом, т. е. на него подается отрицательный полюс; электрод-заготовка – анодом, на заготовку подается положительный полюс.

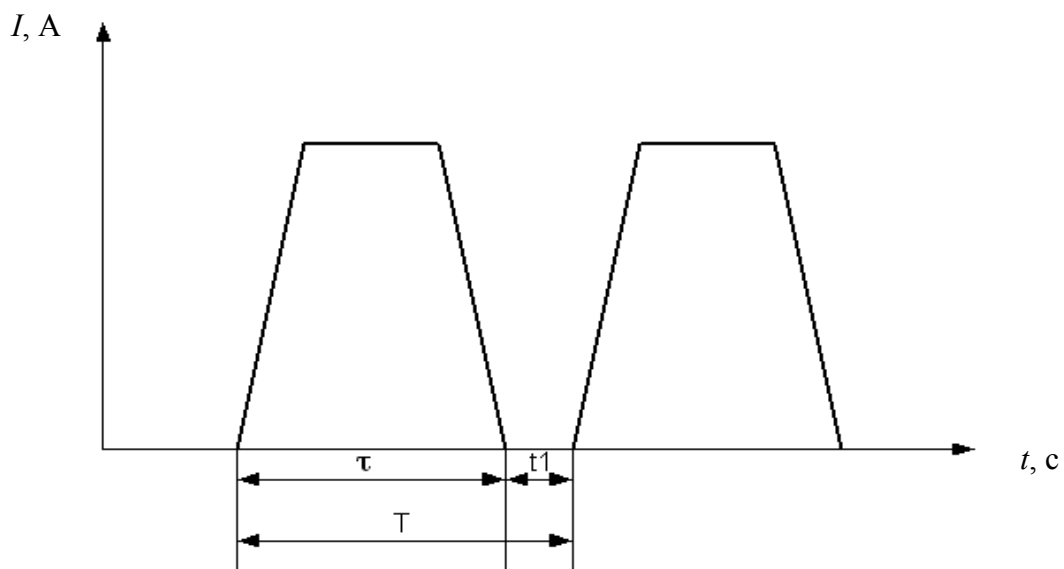


Рис. 2. Характеристики импульсов электрического тока

Частота следования импульсов определяется их числом в одну секунду, т. е. частота обратно пропорциональна периоду

$$f = \frac{1}{T}.$$

При электроэрозионной обработке используется диапазон частот 100 Гц – 200 кГц; амплитуда импульсов тока изменяется от долей ампера до десятков тысяч ампер; амплитуда импульсов напряжения изменяется от десятков до нескольких сотен вольт.

Характеристикой электроэрозии материала служит критерий Палатника (Π)

$$\Pi = Cq\lambda T_{\text{п}}^2,$$

где C – теплоемкость материала электрода;

λ – коэффициент теплопроводности;

q – скважность электрических импульсов;

$T_{\text{п}}$ – температура плавления.

Чем больше величина Π , тем выше электроэрозионная стойкость электрода.

Содержание работы

Работа заключается в электроискровой обработке труднообрабатываемых материалов; в определении микронеровности поверхности; точности, производительности процесса при различных параметрах импульсов электрического тока.

Оборудование, инструменты, заготовки

Оборудование: электроискровой станок ЛКЗ-18; источник питания – трансформатор 380/220 В с кремниевым выпрямителем ВК-200. Станок предназначен для получения отверстий, щелей и углублений любой формы в деталях из твердых и хрупких материалов, проводящих электрический ток (твердые сплавы, закаленные стали и пр.) (рис. 3).

Емкость конденсаторов 4 заряжается через балластное сопротивление 3 от трансформатора 1 и выпрямителя 2. Конденсаторы разряжаются по зависимой схеме через межэлектродный зазор инструмента 5 и заготовки 6. Требуемые режимы обработки устанавливаются набором емкости. Требуемое количество конденсаторов включается тумблерами, находящимися на правой стороне станка.

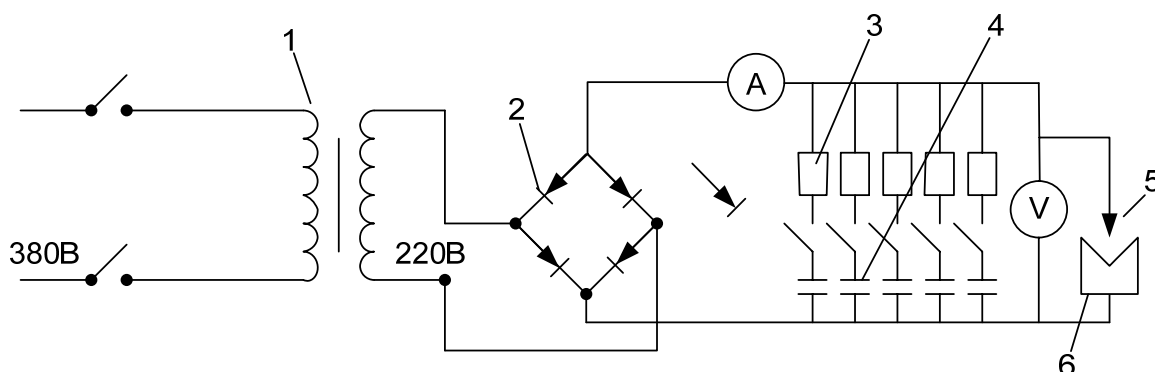


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема электроискрового станка:
 1 – трансформатор 380/220 В; 2 – выпрямитель кремниевый ВК-200;
 3 – конденсаторы; 4 – сопротивления; 5 – электрод-инструмент;
 6 – электрод-деталь

Механическая часть станка имеет механизмы вертикального, продольного и поперечного перемещения детали и инструмента относительно друг друга.

Инструменты: для обработки – шестигранник с размером грани 5 – 7 мм (рис. 4, а).

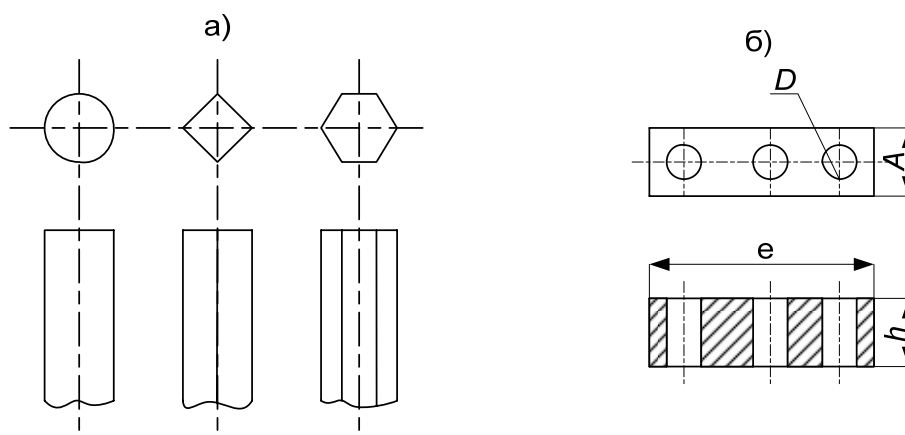


Рис. 4. Схемы инструмента и обрабатываемой заготовки:
 а – эскиз инструмента; б – эскиз заготовки

Материал – латунь ЛС-59 и медь МІ; измерительный штангенциркуль, секундомер, профилограф-профилометр мод. 252 завода «Калибр».

Заготовки (рис. 4, б): материал – сталь углеродистая У10А твердостью НРС₃ = 60 – 65; сплав 4Х5МФС повышенной теплоустойчивости твердостью НРС₃ = 50, твердый сплав ВК-15.

Порядок выполнения работы

1. Определить производительность процесса в зависимости от режимов обработки.

Станок имеет 5 ступеней емкости конденсаторов (1; 4; 12; 90; 210 мкФ).

В зависимости от изменения емкости конденсаторов изменяется рабочий ток. Производительность Q электроискровой прошивки отверстий определяется по массе материала, удаляемой в единицу времени, т.е. по формуле:

$$Q = \frac{P_2 - P_1}{t},$$

где P_2 – масса заготовки до обработки электроискровым методом, г;

P_1 – масса заготовки после обработки электроискровым способом, г;

t – время обработки, мин
или по формуле

$$Q = \frac{V}{t},$$

где V – объем снятого материала

$$V = Fh.$$

F – площадь, определяемая по формуле:

$$F = F_2 - F_1,$$

где F_2 – площадь отверстия после обработки, мм²;

F_1 – площадь отверстия заготовки до обработки, мм²;

h – толщина образца, мм;

t – время прошивки отверстия, мин.

По полученным данным построить график зависимости производительности от рабочего тока $Q = f(J_p)$.

Результаты исследования записать в табл. 1.

Таблица 1

Ре- жим	Время обработ- ки, мин	Диаметр проши- того от- верстия, мм	За- зор, мм	Объем снятого материа- ла, мм ³	Производи- тельность процесса, мм ³ /мин	Шерохо- ватость поверхно- сти, мкм
1						
2						
3						
4						
5						

2. Определить шероховатость обработанной поверхности. Снятые со станка обработанные заготовки измерить на профилометре-профилографе. Рассчитать среднеарифметическое отклонение профиля обработанной поверхности. По полученным данным построить график

$$R_a = f(J_p).$$

3. Определить точность обработки в зависимости от режимов процесса. Точность обработки зависит от зазора между электродом-заготовкой и электродом-инструментом.

Изменение емкости конденсаторов приводит к изменению энергии рабочих импульсов. Энергия импульса рассчитывается по формуле

$$W = 0,4CU_p^2,$$

где C – емкость конденсаторов, Ф;

U_p – рабочее напряжение, В.

Режим работы станка и результаты записать в табл. 2.

Таблица 2

Режим работы	Напряжение холостого хода U_{xx} , В	Напряжение рабочего хода U_p , В	Сила тока J_p , А	Емкость C , мкФ	Энергия импульса W , Дж
1					
2					
3					
4					
5					

Построить график зависимости межэлектродного зазора от энергии импульса.

Отчет о работе

Отчет должен содержать:

- цель и краткое описание работы;
- принципиальную схему электроискровой обработки с указанием модели станка, наименование измерительных инструментов и точность измерения;
- таблицы и графики результатов измерения;
- выводы (целенаправленный выбор режимов обработки).

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: практическое освоение методов и средств лазерной обработки с целью создания модифицированных поверхностных слоёв, обеспечивающих повышение ресурса работы деталей на 20 – 30 %.

Общие сведения

Атомы и молекулы вещества находятся в различных энергетических состояниях. Когда атом не возбуждён, он находится в нижнем, или основном, состоянии. При изменении внутренней энергии системы атомы и молекулы, составляющие эту систему, изменяют свое энергетическое состояние. Чтобы атомы (молекулы) перешли с нижнего уровня на верхний, им необходимо сообщить дополнительную энергию (механические соударения, разряд электрического тока, электромагнитное поле). При переходе с верхнего уровня на нижний частица отдаёт эту энергию в виде фотона, кванта энергии соответствующей частоты, определяемой разностью энергетических уровней (рис. 1)

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h},$$

где E_1 и E_2 – энергия системы на нижнем и верхнем уровнях;

$h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка.

Излучаемая энергия используется для различных технологических целей: микрообработки деталей, упрочнения поверхностных слоёв, сварки и т. д.

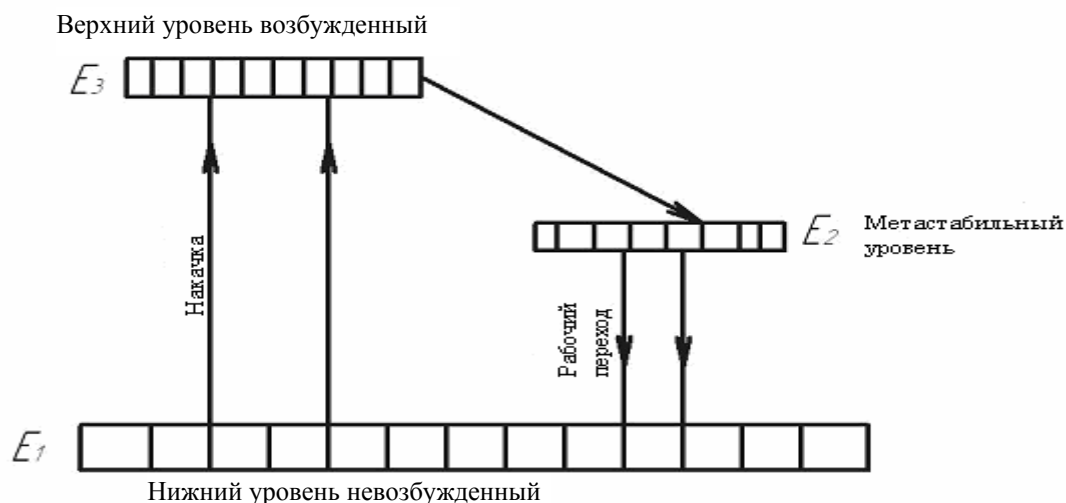


Рис. 1. Энергетические уровни атомов (молекул)

Эксплуатационные характеристики упрочненной зоны материала зависят от её структуры и физико-механических свойств. Использование лазерного излучения для упрочнения поверхностного слоя деталей приводит к увеличению микротвердости в 2 – 3 раза по сравнению с исходной структурой. При этом скорость обработки ν и глубина заковки $Z_{\text{зак}}$ (два основных контролируемых размера) изменяются в широких пределах: $\nu = 10 - 100$ мм/с; $Z_{\text{зак}} = 0,1 - 1,0$ мм.

Функциональная схема лазерной установки показана на рис. 2. В нее входят излучатель с медленной прокачкой смеси, блок питания разряда с регулятором напряжения и блок прокачки напуска и возбуждения смеси. Электрические и вакуумные соединения излучателя с блоками обеспечения режима работы, а также соединения с системами, охлаждаемыми водой, являются разъёмными и позволяют осуществлять необходимую компоновку блоков установки.

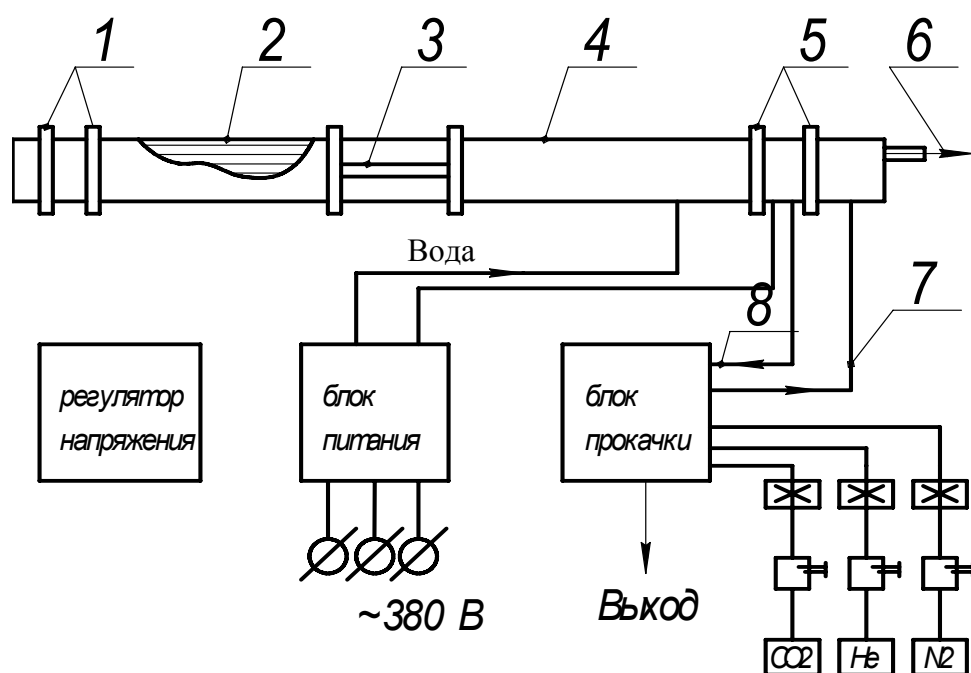


Рис. 2. Функциональная схема лазерной установки:
 1 – угольники с поворотными зеркалами; 2 – трубы газоразрядные; 3 – трубы безразрядные; 4 – излучатель;
 5 – угольник с поворотным зеркалом и механизм настройки концевых зеркал; 6 – излучение; 7 – газовая смесь; 8 – откачка

Излучатель работает в режиме медленной и непрерывной прокачки смеси низкого давления, возбуждаемой разрядом постоянного тока. В лазерной установке для прокачки смеси используется вакуумный насос типа НВР-50.

Излучатель имеет резонатор и конструкцию активной части из четырех параллельно расположенных газоразрядных секций. В центральной части каждой газоразрядной секции помещен безразрядный промежуток. Такая конструкция позволяет уменьшить габаритную длину излучателя (сохранить необходимую общую длину разряда) и реализовать схему возбуждения разряда с крайними заземленными электродами. В резонаторе излучателя оптическая часть четырех секций осуществляется с помощью трех поворотных зеркал и двух концевых зеркал. Одно из концевых зеркал является светоделительным и служит для вывода излучения из резонатора. Для охлаждения газоразрядных секций и зеркал резонатора (кроме светоделительного) используется проточная вода. Электроды охлаждаются с помощью масляного теплообменника.

Блок питания и регулятор напряжения служат для подачи выпрямленного напряжения на высоковольтные электроды для симметричных газоразрядных узлов излучателя, разделенных безразрядным узлом.

Выпрямленное напряжение, питающее разряд, подается на высоковольтные электроды через балластные сопротивления, служащие для стабилизации разряда. На передней панели блока питания имеются кнопки регулировки величины напряжения и необходимые контрольно-измерительные приборы.

Блок прокачки содержит систему откачки и систему напуска, соединенные с соответствующими штуцерами излучателя. Система откачки на базе вакуумного насоса вместе с системой напуска газов, питающихся из баллонов, обеспечивает необходимую скорость прокачки и давления смеси в газоразрядном объеме

излучателя. Блок прокачки снабжен необходимыми органами управления, режимом откачки и напуска смеси.

Вода из водопроводной сети поступает в системы охлаждения установки через блок питания, который снабжен реле, сигнализирующим об отсутствии подачи воды.

Основные элементы излучателя: несущая конструкция, блок четырех газоразрядных секций и устройства для юстировки поворотных и концевых зеркал резонатора. Блок четырех газоразрядных секций состоит из двух симметричных узлов газоразрядных труб и узла безразрядных труб, расположенных соосно и герметично соединенных между собой. Каждая газоразрядная труба имеет металлическую «рубашку» для охлаждения стеклянных стенок труб проточной водой. Высоковольтные электроды, вакуумно-плотно соединенные концы газоразрядных и безразрядных труб охлаждаются маслом, циркулирующим в объеме с проточной водой, охлаждающей газоразрядные трубы.

Для реализации оптической системы резонатора на концевых кронштейнах излучателя установлено: на одном – два угольника с поворотными зеркалами, на другом – горизонтально еще один угольник и два механизма юстировки концевых зеркал. Поворотные зеркала располагаются под углом 90° друг к другу и под углом 45° каждое к падающему излучению. Юстировка поворотных зеркал осуществляется путём взаимного разворота двух клиновидных колец. При этом изменяется угловое положение зеркала в пределах $\pm 15^\circ$. Положение концевых зеркал, закрепленных в механизмах юстировки, изменяется при юстировке в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в пределах $\pm 1,5^\circ$.

Для возбуждения разряда постоянного тока в непрерывно прокачиваемой смеси $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{He}$ используется блок питания; выпрямитель блока состоит из кремниевых диодов Д-1010.

Система откачки состоит из вакуумного насоса НВР-50, который через два параллельно включённых вакуумных крана присоединен к откачиваемому объему излучателя.

Система напуска газовой смеси $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{He}$ состоит из трех линий, каждая из которых включает баллон со сжатым газом (CO_2 , N_2 или He), редуктор типа РК-536м и стабилизатор давления. Газы поступают первоначально в смеситель, из которого трехкомпонентная смесь поступает в трубопровод, подсоединенный к газоразрядному объему излучателя.

Система управления питания излучателя включает в себя высоковольтные вакуумные выключатели, балластные сопротивления, вольтметр, амперметр, необходимые коммутирующие и сигнализирующие устройства. Амперметр служит для установления и контроля тока разряда в газоразрядных трубах.

Оборудование, инструмент, заготовки

Оборудование: лазер газовый «Кардамон» ЛГН-702. Установка предназначена для обработки материалов лазерным пучком (поверхностная закалка, фигурный раскрой листовых материалов, сверление, сварка). Краткие паспортные данные: напряжение зажигания 13 кВт; суммарный ток разряда 0,9 А; выходная мощность 800 Вт; длина волны излучения 10,6 мкм; расход охлаждающей воды 10 л/мин; давление газов на входе напуска ~ 300 мм вод. ст.; расход газовой смеси 2,5 – 6,0 нл/мин; давление газов в излучателе ~7 мм рт. ст. Установка работает на смеси газов: углекислого, азота и гелия с медленной прокачкой газовой смеси. Соотношение компонентов в оптимальном режиме.

Вместо лазера ЛГН-702 возможно использование другой лазерной установки, например ТЛ-1,5, использующей состав газов: углекислый газ, азот и гелий в соотношениях

$$\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 1:1,5:15.$$

Инструмент: оптический микроскоп, приборы для измерения микротвердости, твердости, шероховатости поверхности.

Заготовки: втулки после чистовой обработки, материал – сталь 45Х, 5 шт. (рис. 3).

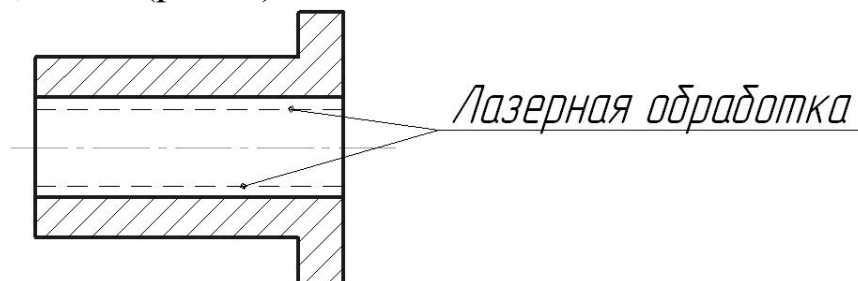


Рис. 3. Втулка, используемая в качестве заготовки

Содержание работы и порядок ее выполнения

1. Пройти инструктаж по технике безопасности при работе на лазерной установке.
2. Ознакомиться со служебным назначением детали «втулка», с принципом действия, основными техническими данными установки «Кардамон» ЛГН-702 и служебным назначением детали «втулка».
3. Определить геометрические размеры, класс шероховатости поверхности, микроструктуру и микротвёрдость (или твёрдость) исходных заготовок.
4. Нанести на упрочняемую поверхность втулок поглощающее покрытие.
5. Провести лазерное упрочнение поверхности заготовок.
6. Определить геометрические размеры, класс шероховатости поверхности, микроструктуру и микротвёрдость (или твёрдость) исходных заготовок после лазерного упрочнения.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

– название работы и ее содержание;

- служебное назначение детали «втулка»;
- функциональную схему установки «Кардамон» ЛГН-702;
- описание принципа действия газового лазера;
- таблицу с результатами измерений;

Режимы лазерного упрочнения			Геометрические характеристики упрочненной зоны		Микротвёрдость (или твёрдость)	
Мощность, Вт	Диаметр пятна, мм	Скорость обработки, мм/с	Ширина, мм	Глубина, мм	исходная	упрочненной зоны
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

– описание микроструктуры заготовок до и после лазерного упрочнения;

– выводы: показать влияние лазерного упрочнения, его режимов на качество поверхностного слоя деталей; связь эксплуатационных характеристик деталей с качеством обработки.

Лабораторная работа № 3

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: экспериментальное определение зависимости технологических параметров (точности, чистоты поверхности и производительности) ультразвуковой размерной обработки матрицы вырубленного штампа листов статора-ротора электродвигателей.

Изучение устройства ультразвукового станка модели 4772

1. Изучить устройство ультразвукового станка модели 4772.
2. Ознакомиться с устройством ультразвукового генератора УЗ М-1,5.

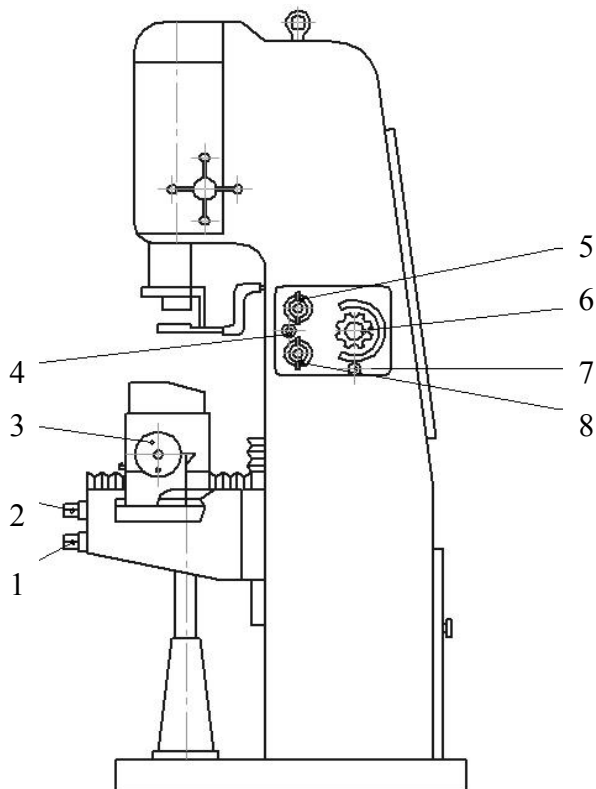


Рис.1. Общий вид ультразвукового станка модели 4772: 1 – маховик подъема стола; 2 – маховик поперечной подачи стола; 3 – маховик продольной подачи стола; 4 – кнопка релаксации; 5 – выключатель соленоида; 6 – регулятор подачи головки; 7 – выключатель освещения станка; 8 – выключатель электронасоса

3. Дать принципиальную кинематическую схему станка в отчете.

Ультразвуковой станок модели 4772 предназначен для обработки твердых и хрупких материалов: стекла, керамики, твердых сплавов и т.п. На станке могут изготавливаться методом прошивания отверстия и плоскости различной конфигурации.

Станок оснащен самостоятельным генератором ультразвуковых колебаний УЗ М-1,5 мощностью 1,5 кВт.

Общий вид станка с органами управления приведен на рис. 1.

Описание станка

Кинематическая схема станка приведена на рис. 2. Схема перемещений стола и консоли проста и пояснений не требует. Ультразвуковая головка имеет разъемный корпус; внутри может перемещаться относительно корпуса по вертикальным направляющим качения. Ползун уравновешен противовесом и связан с соленоидом, с помощью которого можно по мере надобности уменьшить избыточный вес ползуна и, следовательно, давление

инструмента на изделие. В нижней части ползуна расположена геометрическая камера с магнитострикционным преобразователем, охлажденным водой. К преобразователю крепится на резьбе концентратор.

В головке имеется устройство для измерения давления инструмента на изделие и снижения давления в конце обработки по заранее заданному режиму. Внутри станины помещается бак с абразивной суспензией, каналы слива которой проходят внутри стола. На столе устанавливается защитный кожух, препятствующий разбрызгиванию абразивной суспензии.

Электрическая схема станка приведена на рис. 3. Выключатель ДВ отключает систему при недостаточном давлении воды, охлаждающей магнитостриктор.

Выключатель 1ВВ служит для включения насоса 1М. Тумблер включает помпу. Соленоид С регулирует силу подачи. Питание его осуществляется постоянным током через селеновые выпрямители ВС, собранные по схеме Герца при включенном выключателе 2ВВ. Меняя автотрансформатором силу тока в соленоиде, регулируют его тянущее усилие. Для релаксации головки служит кнопка 1КУ, которая закорачивает автотрансформатор и подает ток на соленоид.

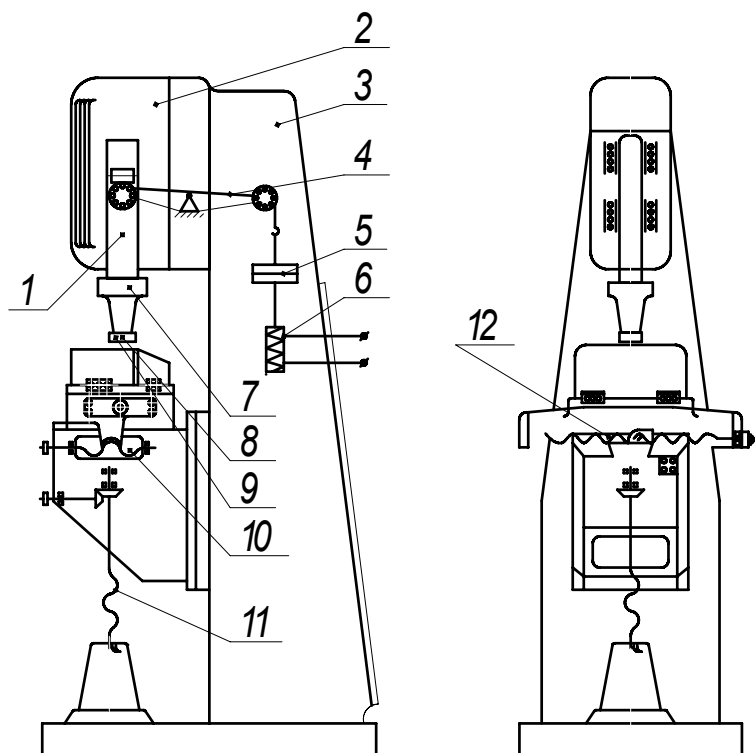


Рис. 2. Кинематическая схема станка модели 4772:

- 1 – ползун; 2 – головка; 3 – станина; 4 – коромысло; 5 – противовес; 6 – соленоид; 7 – магнитостриктор; 8 – концентратор; 9 – инструмент; 10 – винт поперечного перемещения; 11 – винт подъема стола; 12 – винт продольного перемещения стола

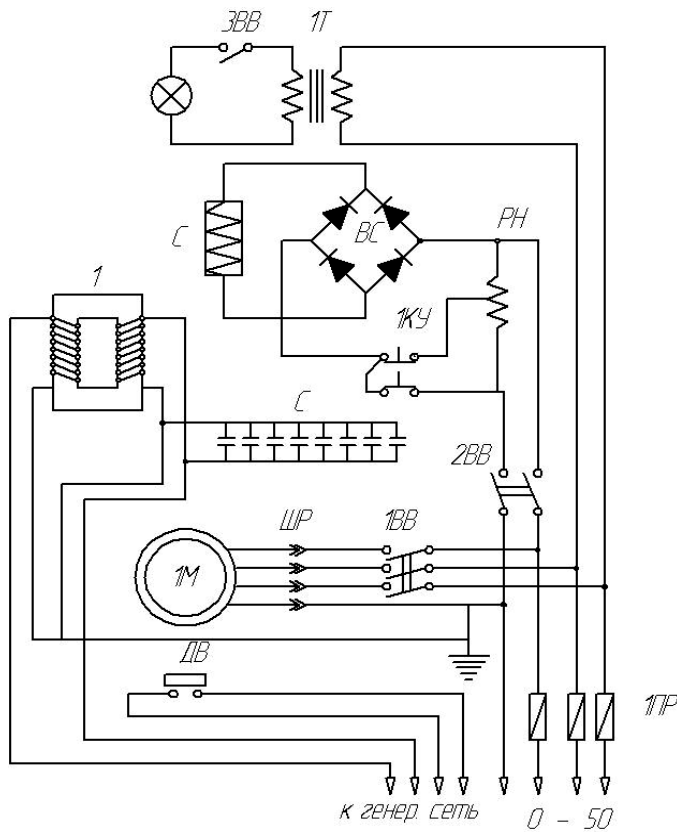


Рис. 3. Принципиальная схема электрооборудования станка

Описание генератора

Схема генератора ультразвуковых колебаний типа УЗГ-1,5 приведена на рис. 4. Генератор состоит из возбуждителя колебаний, собранного по двухконтактной схеме на мощных выходных триодах ГУ-80. Все эти элементы питаются от специального блока питания. С выходом конечного каскада переменное напряжение ультразвуковой частоты подается на магнито-стрикционный преобразователь МСП, к которому и крепится концентратор.

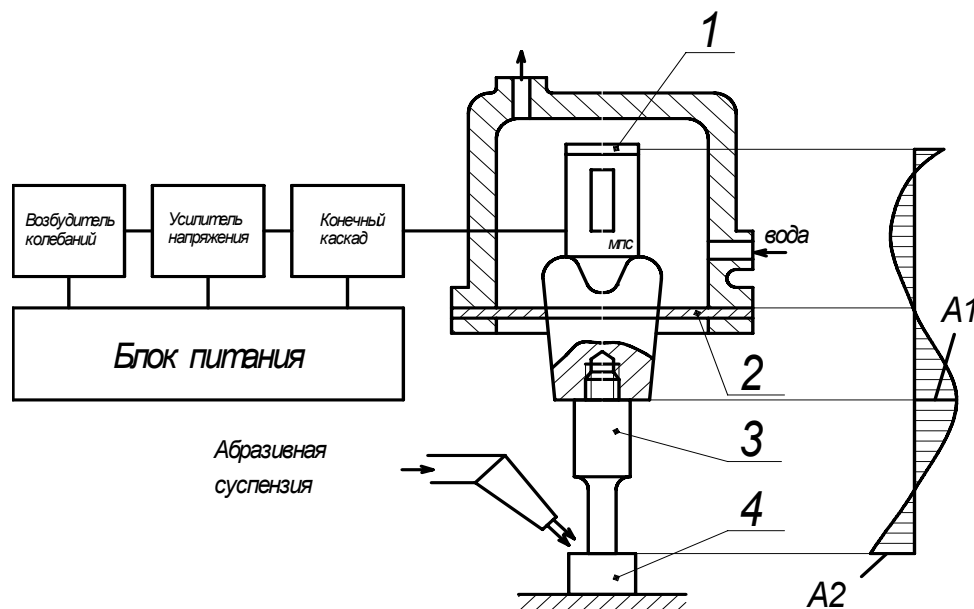


Рис. 4. Принципиальная схема генератора: 1 – резиновая накладка; 2 – опорный фланец; 3 – концентратор (двухполуволновый); 4 – обрабатываемая заготовка; МПС – магнито-стрикционный преобразователь

Порядок работы на станке

1. Опробовать все ручные и механические перемещения с помощью соответствующих органов управления (см. рис.1).
2. В бак залить абразивную суспензию.
3. Открыть запирающий вентиль без охлаждения магнитострикционного вибратора.
4. Включить ультразвуковой генератор.
5. Установить инструмент. Верхний торец концентратора должен прилегать плотно, без зазора.
6. Ручным штурвалом ручную головку поднять в верхнее положение.
7. На стол установить обрабатываемую деталь, которая выставляется относительно инструмента.
8. Деталь ввести в контакт с инструментом.
9. Включить:
 - соленоид и с его помощью установить необходимое давление;
 - насос подачи абразива;
 - анодное напряжение генератора.
10. После прошивки отверстия выключить органы управления в обратной последовательности.

Техническая характеристика станка

Оптимальный диаметр прошиваемых отверстий	30 мм
Максимальный диаметр прошиваемых отверстий	70 мм
Максимальная глубина прошиваемых отверстий	30 мм
Максимальный рабочий ход ультразвуковой головки	30 мм
Максимальные размеры обрабатываемой детали, мм:	
длина	200
ширина	150
высота	180

Требуется рассчитать размеры концентратора, предназначенного для ультразвуковой обработки отверстия диаметром 10 мм в стекле.

Производительность и точность ультразвуковой обработки при прочих условиях зависят от правильности проектирования и изготовления инструмента, являющегося одновременно трансформатором амплитуды колебаний.

Инструмент должен быть выполнен так, чтобы частота его собственных упругих колебаний совпадала с рабочей частотой вибратора, для чего его длина должна быть кратна длине полу-волны.

Для достижения максимальной производительности инструменту придают форму, обеспечивающую получение на его торце максимально возможной амплитуды, не вызывающей разрушения.

В трехполуволновых колебательных системах, к которым относится станок модели 4772, могут быть использованы ступенчатые и экспоненциальные концентраторы. Ступенчатые концентраторы при простом расчете, конструировании и изготовлении по сравнению с другими формами концентраторов обеспечивают ещё и наибольшую амплитуду колебаний (рис. 5).

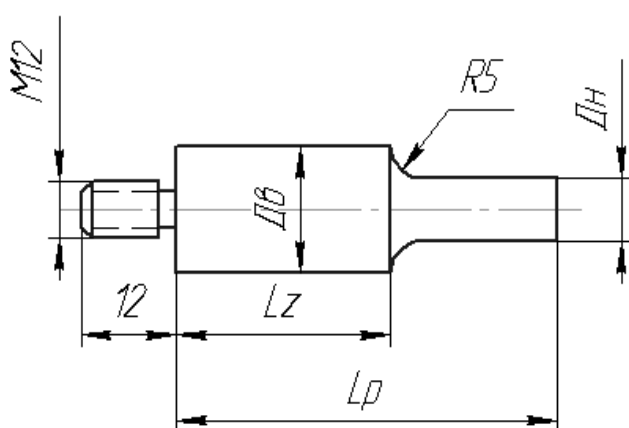


Рис. 5. Схема ступенчатого концентратора
22

Основной параметр ступенчатого концентратора — это его длина, определяемая по формуле, см,

$$L_p = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

где f — резонансная частота колебаний магнитострикционного преобразователя, Гц;

E – модуль упругости материала концентратора, Па;

ρ – плотность материала концентратора, г/см³.

Фланец магнитостриктора соединяется с концентратором на расстоянии L_z от верхнего торца, причем $L_z = \frac{L_p}{2} - (3 - 5)$ мм.

Диаметр нижнего торца принимается равным диаметру обрабатываемого отверстия, т. е. $D_n = d$.

После обработки определяется производительность на каждом режиме по формуле

$$Q = \frac{\Delta G}{t},$$

где $\Delta G = G_1 - G_2$ – разность весов детали до обработки G_1 и после обработки G_2 , г; t – время обработки, мин.

По результатам работы составляется отчет.

Диаметр верхнего торца

$$D_v = (1,5 - 2)D_n.$$

Для обработки стекла или керамики концентратор рассчитывается исходя из следующих условий:

$$D = 10 - 20 \text{ мм (задается преподавателем).}$$

Материал концентратора сталь 40Х (для него $E = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м² и $\rho = 7,8$ г/см³; резонансная частота $f = 22$ кГц). В отчете необходимо привести чертеж концентратора с указанием размеров.

По рассчитанным размерам необходимый для исследований концентратор выбирается из имеющегося комплекта. На рис. 6 показан концентратор-инструмент для изготовления матрицы вырубного штампа для листов статора-ротора электродвигателя. Материал концентратора – сталь 45, отклонение от перпендикулярности поверхности E относительно торца не более 0,02 мм; неуказанные отклонения размеров: отверстий по $H11$, валов по $h11$, остальных по $IT13$.

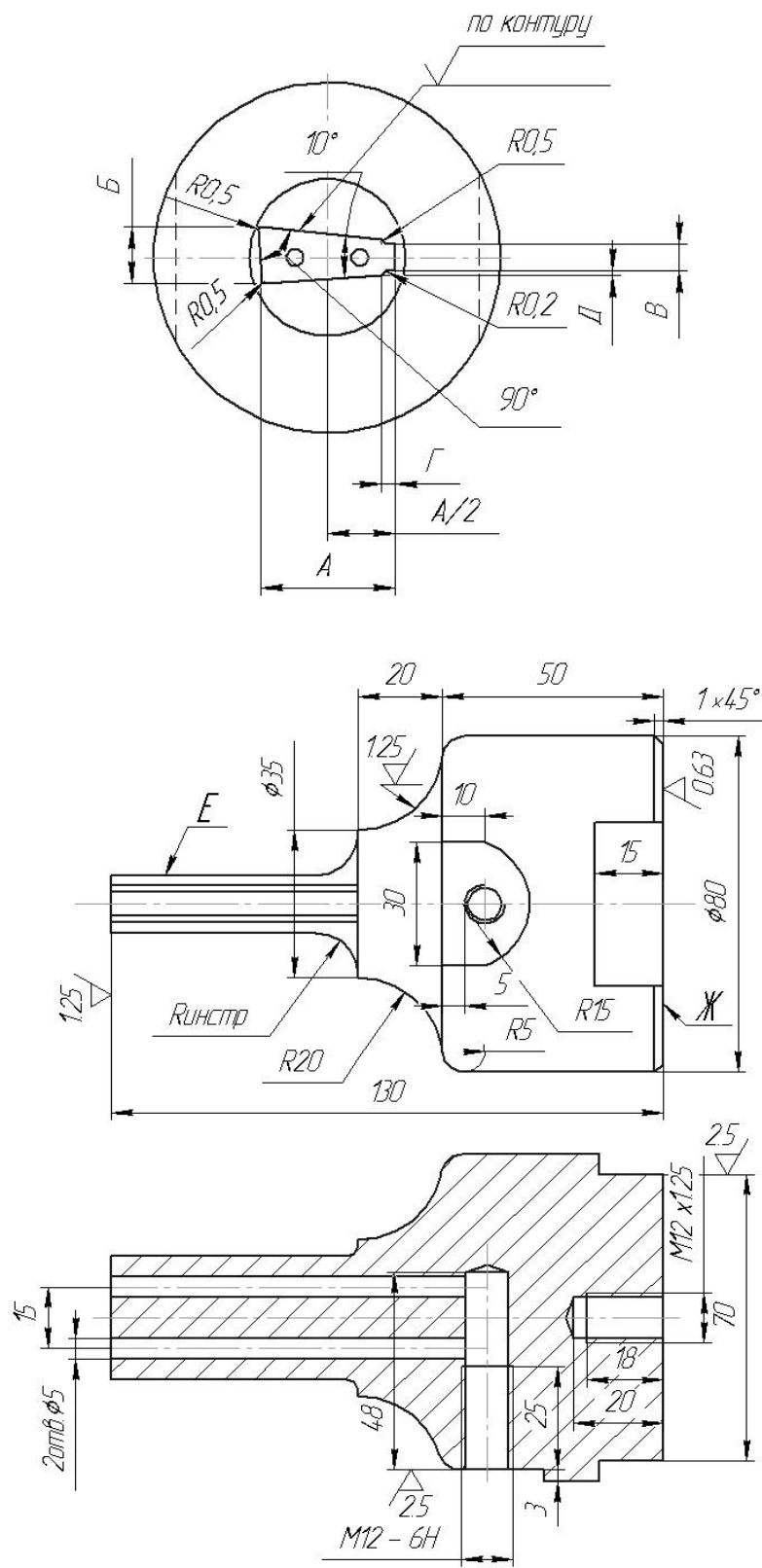


Рис. 6. Концентратор-инструмент для изготовления матрицы вырубного штампа

Содержание работы

1. Изучить устройство ультразвукового станка модели 4772.
2. Рассчитать размеры концентратора для изготовления матрицы вырубного штампа.
3. Исследовать влияние режимов ультразвуковой обработки на технологические параметры процесса.

Оборудование, инструмент, материал

1. Станок для ультразвуковой обработки модели 4772.
2. Материал обрабатываемой детали: твердый сплав типа ВК; стекло.
3. Материал инструмента: сталь 45, 40Х.
4. Жидкая среда: вода техническая.
5. Обрабатывающий абразив: карбид бора.
6. Секундомер, технические весы, штангенциркуль.
7. Часовой проектор.

Порядок выполнения работы

1. Определить массу детали до обработки взвешиванием на технических весах.
2. Настроить станок на выполнение операции.
3. Провести обработку.
4. Определить массу детали после обработки взвешиванием на технических весах, точность обработки и чистоту обработанной поверхности.

Настройка станка заключается в установке концентратора в шпинделе станка и в установке обрабатываемой детали на столе станка.

Верхний конец концентратора должен иметь беззазорное соединение с нижним торцом вибратора. Деталь хрупкая, поэтому на столе станка её необходимо устанавливать осторожно.

Для обработки используют режимы, приведенные в таблице.

Параметр	1-й режим	2-й режим	3-й режим
Ток подмагничивания, А	3 – 5	10 – 20	30 – 40
Анодный ток, А	0,05 – 0,1	0,2 – 0,8	1 – 2
Давление инструмента, кг/см ²	0,2 – 0,3	0,5 – 2,5	3 – 4

В процессе обработки секундомером измеряется машинное время t .

Отчет о работе

Отчет должен содержать:

1. Принципиальную кинематическую схему станка 4772 и краткое описание его.
2. Принципиальную схему генератора УЗ М-1,5.
3. Расчет размеров концентратора.

Исходные данные:

Диаметр обрабатываемого отверстия..... мм
 Обрабатываемый материал.....
 Материал концентратора.....
 Модуль упругости материала.....
 Плотность материала концентратораг/см³
 Резонансная частота колебаний
 магнитострикционного преобразователяГц

Расчет концентратора:

длина концентратора..... мм
 длина фланца концентратора мм
 длина верхнего торца концентратора..... мм
 диаметр нижнего торца концентратора..... мм

Рабочий чертеж концентратора.

4. Исследование влияния режимов обработки на производительность процесса.

Режимы обработки

Параметр	1-й режим	2-й режим	3-й режим

Результаты обработки

Параметр	1-й режим	2-й режим	3-й режим
Машинное время обработки, мин			
Масса детали до обработки, г			
Масса детали после обработки, г			
Производительность процесса, г/мин			

Построить график, характеризующий зависимость производительности процесса от режимов обработки.

5. Выводы.

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АЛМАЗНО-ЭРОЗИОННОГО ШЛИФОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: исследование зависимости производительности и износа алмазного круга от технологических режимов алмазно-эрозионного шлифования.

Общие сведения

Процесс алмазно-эрозионной обработки основан на одновременном механическом и эрозионном воздействии на обрабатываемую поверхность (см. рисунок).

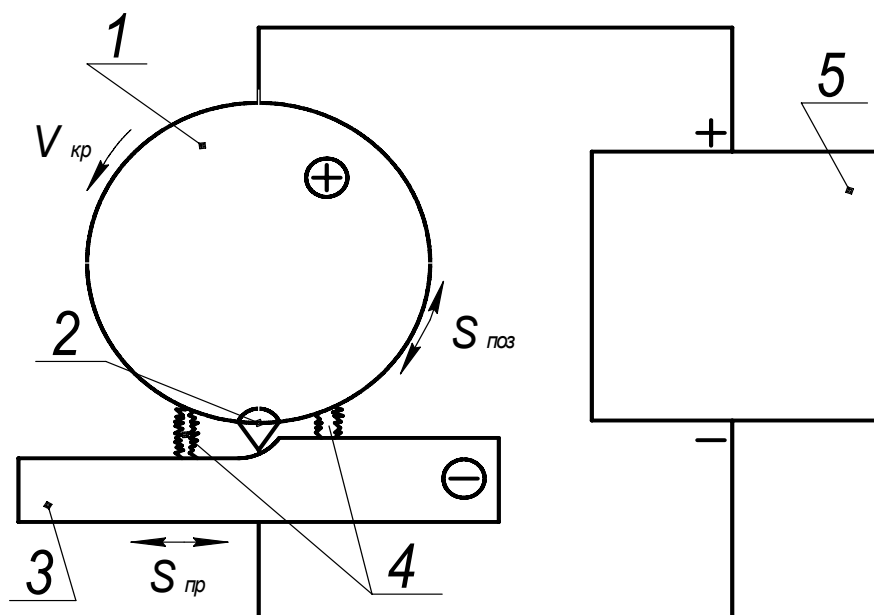


Схема алмазно-эрозионной обработки: 1 – алмазный круг на токопроводящей связке; 2 – алмазное зерно; 3 – обрабатываемая заготовка; 4 – электрический разряд; 5 – источник питания постоянного тока; $S_{пр.}$, $S_{поп}$ – продольная и поперечная подачи рабочего стола; $V_{кр}$ – линейная скорость вращения круга

При вращении круга алмазные зерна производят механический съём металла с обрабатываемой заготовки. В это время между кругом и заготовкой возникают электрические разряды, которые обеспечивают:

- обнажение новых абразивных зерен;
- разрушение стружки, засаливающей круг;
- образование эрозионных лунок на поверхности заготовки;
- упрочнение поверхностного слоя детали.

Так как рабочая поверхность круга постоянно зачищена, то усилия резания значительно уменьшаются, что приводит к устранению обычных для абразивного шлифования дефектов по прижогам и сколам. Появляется возможность увеличения режимов обработки, что повышает производительность шлифования. Устраняется необходимость правки шлифовальных кругов, упрощается рабочая среда.

Характеристикой процесса будут объем снятого материала Q , мм³/мин, объем израсходоного (изношенного) алмазного материала круга Q_a и коэффициент шлифования K , который определяется по формуле, мм³/мм³,

$$K = \frac{Q_M}{Q_a}.$$

Машинное время обработки $T_{\text{маш}}$ определяется по формуле

$$T_{\text{маш}} = \frac{h_{\text{шл}} B_{\text{шл}} \delta}{S_{\text{пр}} S_{\text{поп}} t_{\text{вр}} n},$$

где $h_{\text{шл}}$ – длина шлифуемой поверхности заготовки;

$B_{\text{шл}}$ – ширина шлифуемой поверхности заготовки;

δ – снимаемый припуск;

$S_{\text{пр}}$, $S_{\text{поп}}$ – продольная и поперечная подачи стола соответственно;

t – глубина резания (припуск, снимаемый за один проход);

n – число обрабатываемых заготовок.

Оборудование, инструмент и заготовки

1. Плоскошлифовальный станок модели ЗГ71, модернизированный для алмазно-эрозионного шлифования.
2. Источник постоянного тока – выпрямитель ВАКГ-630.

3. Алмазный круг марки АПП 250×25×75×5 АСК 160/125.
4. Рабочая среда – трехпроцентный водный раствор соды.
5. Заготовки – литые магниты из сплава ЮН 14 ДК24Т2.
6. Индикатор часового типа – ИЧ с ценой деления 0,01мм.
7. Микрометр с ценой деления 0,01мм.

Порядок выполнения работы

1. Выбор метода планирования эксперимента – латинский квадрат 3×3.

2. Выбор варьируемых факторов:

- рабочее напряжение U ;
- продольная и поперечная подачи стола $S_{пр}$, $S_{поп}$;
- глубина резания t .

Рабочее напряжение берется на двух ступенях: 12 и 24 В, продольная подача стола с заготовкой изменяется от 22 до 52 двойных ходов в минуту, поперечная подача – от 0,5 до 4,0 мм/ход; глубина резания – от 0,005 до 0,05 мм.

3. Кодовое обозначение и выбор уровня варьируемых факторов.

$$S_{пр} - X; S_{поп} - Y; t - Z$$

$$X_1 = 22 \quad Y_1 = 0,5 \quad Z_1 = 0,005;$$

$$X_2 = 40 \quad Y_2 = 2,0 \quad Z_2 = 0,025;$$

$$X_3 = 52 \quad Y_3 = 4,0 \quad Z_3 = 0,05.$$

4. Составление матрицы латинского квадрата 3×3.

Фактор	X_1	X_2	X_3
Y_1	Z_1	Z_2	Z_3
Y_2	Z_2	Z_3	Z_1
Y_3	Z_3	Z_1	Z_2

5. Составление плана эксперимента.

Номер опыта	X	Y	Z
1	X_1	Y_1	Z_1
2	X_1	Y_1	Z_1
3	X_1	Y_1	Z_1
4	X_2	Y_2	Z_2
5	X_2	Y_2	Z_2
6	X_2	Y_2	Z_2
7	X_3	Y_3	Z_3
8	X_3	Y_3	Z_3
9	X_3	Y_3	Z_3

6. Выбор функций отклика.

Выбираются две функции:

- объем снятого металла, Q_M , мм³;
- объем износа алмазного круга, Q_K , мм³.

7. Измерение размеров заготовок и алмазного круга до обработки.

8. Алмазно-эрозионное шлифование по режимам в соответствии с планом эксперимента.

Номер опыта	$S_{пр.}, 2 \text{ х/мин}$	$S_{поп}, \text{мм/ХОД}$	$t, \text{мм}$
	X	Y	Z
1	22	0,5	0,005
2	22	2,0	0,025
3	22	4,0	0,05
4	40	0,5	0,005
5	40	2,0	0,025
6	40	4,0	0,05
7	52	0,5	0,005
8	52	2,0	0,025
9	52	4,0	0,05

9. Измерение размеров заготовок и алмазного круга после каждого опыта.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- наименование работы;
- модель станка, материал инструмента и заготовки;
- план эксперимента;
- результаты экспериментов представлены в виде таблиц и графиков для каждого из девяти опытов отдельно.

Пример (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Опыт 1

Для круга				
Размер круга до обработки	Размер круга после обработки	Износ круга, мм	Средний износ круга, мм	Объем изношенного материала круга
0	+0,008	+0,008	0,0094	184
0,015	+0,008	-0,007		
0,01	-0,005	-0,015		
0,021	+0,005	-0,016		
0,03	+0,011	-0,019		
0,015	+0,01	-0,005		
0,025	+0,011	-0,014		
0,02	+0,008	-0,012		
0,01	+0,01	0		
0,01	+0,005	-0,005		
0,005	0	-0,005		
0,015	0	-0,015		
Для заготовки				
Размер детали до обработки, мм	Размер детали после обработки, мм	Снятый припуск, мм	Среднее значение снятого припуска, мм	Объем снятого припуска, мм ³
13,82	13,76	0,06	0,06	1584
13,80	13,77			
13,83	13,78			
13,83	13,77			
13,84	13,77			
13,83	13,76			

Таблица 2

Итоговая таблица экспериментальных данных

№ п/п	Износ круга, мм	Съем металла, мм	Объем снятого металла, мм ³	Объем изношенного материала круга, мм ³	Коэффициент шлифования	Режим обработки
Напряжение	$U=12\cdot B / U=24\cdot B$	$U=12\cdot B / U=24\cdot B$				
1	0,0029 / 0,0094	0,1 / 0,06				
2	0,011 / 0,0379	0,53 / 0,0105				
3	0,03 / 0,105	0,82 / 1,275				
4	0,002 / 0,0573	0,36 / 0,408				
5	0,04 / 0,079	0,36 / 0,413				
6	0,0147 / 0,0652	0,413 / 0,427				
7	0,0312 / 0,115	0,90 / 0,948				
8	0,045 / 0,086	0,46 / 0,468				
9	0,015 / 0,068	0,51 / 0,592				

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ
РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Цель работы: определение оптимальных параметров электрохимической размерной обработки наружных шлицевых поверхностей постоянных магнитов методом протягивания.

Общие сведения

Сущность электрохимической размерной обработки заключается в электрохимическом анодном растворении металлов и удалении продуктов реакции из зоны обработки.

Основные характеристики этого процесса:

1. Плотность тока, A/cm^2 ,

$$i = \frac{S\gamma}{10C\eta},$$

где S – скорость подачи электрода, мм/мин;

γ – удельный вес обрабатываемого материала, равный $7,25 \text{ г/см}^3$;

C – электрохимический эквивалент обрабатываемого материала, равный $0,015 \text{ г/(А·мин)}$;

η – анодный выход по току, равный $0,95$.

2. Удельная электропроводность

$$\chi_t = \chi_0 [1 + \alpha(t - 18)],$$

где t – температура электролита, $^{\circ}C$;

χ – удельная электропроводность при $18^{\circ}C$ для 20%-ного водного раствора $NaCl$, равная $0,01975 \text{ Ом}^{-1}, \text{ мм}^{-1}$.

3. Электрохимический эквивалент для сплава

$$C_{\text{сп}} = \frac{100}{\sum \frac{y_i}{c_i}},$$

где C_i – электрохимический эквивалент отдельного компонента сплава;

y_i – процентное содержание компонента в сплаве.

4. Скорость электрохимического протягивания

$$V = C_{\text{сп}} i \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\eta}{100}, \text{ мм/мин},$$

где α – угол наклона рабочей поверхности катода.

Оборудование, инструмент и заготовки

1. Оборудование: станок модели 4A722, модернизированный для электрохимической размерной обработки. Блок-схема станка показана на рисунке и состоит из следующих элементов: 1 – электродвигатель постоянного тока – привод подачи катода; 2 – редуктор; 3 – ходовой винт; 4 – суппорт; 5 – электрододержатель; 6 – рабочая камера; 7 – камера противодавления; 8 – источник рабочего напряжения; 9 – плита изоляционная; 10 – электродвигатель переменного тока – привод насоса; 11 – шестеренчатый насос; 12 – бак промежуточный – отстойник; 13 – бак для электролита; 14 – помпа; 15 – фильтр; 16 – распределитель; 17 – манометр; 18 – распределитель; 19 – манометр.

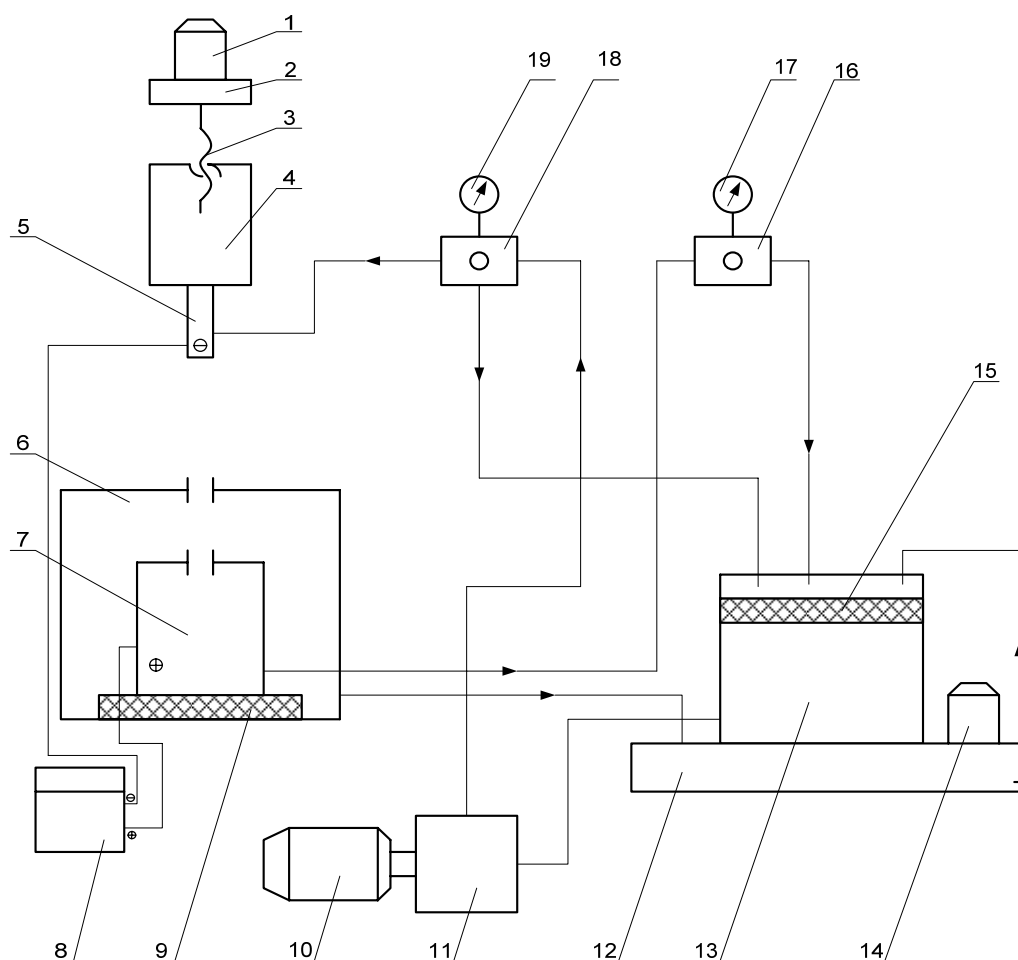


Схема лабораторной установки

2. Источник постоянного тока: выпрямитель ВАКГ-630.
3. Рабочая среда: 10%-ный раствор NaCl.
4. Заготовки: литые магнитные из сплава ЮН14ДК24Т2.

Порядок выполнения работы

1. Выбор метода планирования эксперимента. Для определения оптимальных параметров обработки применяется планирование эксперимента по латинскому квадрату 5×5 .
2. Выбор варьируемых факторов:
 - длина электрода X , мм;
 - рабочее напряжение Y , В;
 - скорость подачи катода Z , мм/мин.
3. Выбор уровня варьируемых факторов:

$X_1=20$	$Y_1=28$	$Z_1=18.04$
$X_2=18$	$Y_2=24$	$Z_2=16.49$
$X_3=16$	$Y_3=20$	$Z_3=14.67$
$X_4=14$	$Y_4=16$	$Z_4=11.88$
$X_5=12$	$Y_5=14$	$Z_5=8.86$

4. Составление матрицы латинского квадрата 5×5 .

Фактор	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
X_2	Z_5	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X_3	Z_4	Z_5	Z_1	Z_2	Z_3
X_4	Z_3	Z_4	Z_5	Z_1	Z_2
X_5	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_1

Напряжение, В	28	24	20	16	14
Длина электрода, мм	Скорость подачи, мм/мин				
20	18,04	16,49	14,67	11,88	8,86
18	8,86	18,04	16,49	14,67	11,88
16	11,88	8,86	18,04	16,49	14,67
14	14,67	11,88	8,86	18,04	16,49
12	16,49	14,67	11,88	8,86	18,04

5. Проведение факторного эксперимента.

Зависимая переменная (результат R) является произведением функций независимых переменных (X, Y, Z)

$$R = f_1(x)f_2(y)f_3(z).$$

Пример. Рассмотрим эксперимент, в котором переменные X, Y, Z берутся на трех уровнях и латинский квадрат имеет вид:

Фактор	Y_1	Y_2	Y_3
X_3	Z_1	Z_2	Z_3
X_2	Z_2	Z_3	Z_1
X_1	Z_3	Z_1	Z_2

Запишем три логарифмических уравнения для строки, содержащие

$$(\log R)\alpha = \log f_1(x_1) + \log f_2(y_2) + \log f_3(z_3),$$

$$(\log R)\beta = \log f_1(x_1) + \log f_2(y_2) + \log f_3(z_3),$$

$$(\log R)C = \log f_1(x_1) + \log f_2(y_2) + \log f_3(z_3).$$

Суммируя эти три уравнения, получаем:

$$\sum \log R x_i = 3 \log f_1(x_1) + \log [f_2(y_2) f_2(y_2) f_2(y_3)] + \log [f_3(z_3) f_3(z_1) f_3(z_2)].$$

Аналогичные выражения находим для строк, содержащих X_2 и X_3 . Полученные уравнения можно записать

$$\log f_1(x_1) = \frac{\sum \log Rx_1}{h} - \text{const},$$

$$\log f_1(x_2) = \frac{\sum \log Rx_2}{h} - \text{const},$$

$$\log f_1(x_3) = \frac{\sum \log Rx_3}{h} - \text{const}.$$

Для квадрата 3×3 $h = 3$, а для квадрата более высокого порядка h равно числу уровней. Мы показали, что если логарифмы результатов усредняются по какому-либо одному уровню переменных X, Y, Z , то влияние изменяемых факторов (Y и Z в рассматриваемом случае) остается неизменным при переходе от одного уровня X к другому, таким образом, все изменения усредненного логарифма полностью обусловлены влиянием лишь одной переменной X . Такой же результат будет получен, когда усреднение производится по трем уровням переменной Y , затем Z .

Анализ различных функций можно выполнить, беря антилогарифмы и исследуя зависимость R_{cp} от X, Y, Z .

В результате мы получим таблицы или кривые для R как функции каждой переменной

$$Rx = kf_1(x); Ry = k'f_2(y); Rz = k''f_3(z),$$

где Rx – антилогарифмы $\sum \log Rx / h$;

k – постоянная, составленная из значений Y и Z , исключаемых при использовании латинского квадрата;

$f_1(x)$ – функция переменной X .

Порядок работ на установке следующий:

1. Выставить межэлектродный зазор.
2. Включить электродвигатель насоса.
3. Установить необходимую величину давления.
4. Включить кнопку «Пуск» выпрямителя.
5. Включить кнопку «Работа» выпрямителя.
6. Включить электродвигатель привода катода.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- наименование работы;
- модель станка, материал заготовок, чертеж детали;
- план эксперимента;
- результаты эксперимента, представленные в таблице;
- составленный квадрат, содержащий значения зависимой переменной, которой являются:
 - сила тока, А;
 - плотность тока, А/см²;
 - производительность, мм³/мин.
- графики зависимости максимального тока обработки от рабочего напряжения и длины электрода-инструмента; зависимости плотности тока от рабочего напряжения и длины электрода-инструмента; зависимость производительности от рабочего напряжения и длины электрода-инструмента.

Протокол результатов эксперимента

Функции отклика и расчетные зависимости											
Номер опыта	Длина электрода	Рабочее напряжение	Скорость катода	Сила тока	Время обработки	Плотность тока	Вес до обработки	Вес после обработки	Вес снятого металла	Объем снятого металла	Производительность фактическая
1	20	28	18,14	101							
2	20	24	16,48	89							
3	20	20	14,61	75							
4	20	16	11,78	65,5							
5	20	14	9	50							
6		28	8,87	95							
7		24	11,93	95							
8	18	20	14,61	85,5							
9		16	16,48	85							
10		14	18,36	69							
11		28	11,99	87,5							
12		24	8,42	66							
13	16	20	17,7	67,5							
14		16	16,1	52,5							
15		14	14,85	42							
16		28	14,6	71,5							
17		24	12	62,5							
18	14	20	9,6	53							
19		16	17,9	57,5							
20		14	16,5	50							
21		28	16,9	77,5							
22		24	14,68	65							
23	12	20	11,7	50,5							
24		16	8,4	40,5							
25		14	18,1	50,5							

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АНОДНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Цель работы: экспериментальное определение зависимости шероховатости поверхности и производительности обработки от материала детали и режимов электроабразивного шлифования (плотности анодного тока, давления круга инструмента и скорости его вращения).

Общие сведения

Процесс анодно-абразивной обработки основан на одновременном механическом и электрохимическом воздействии на обрабатываемую поверхность. Разновидностями анодно-абразивной обработки являются электроабразивное и электроалмазное шлифование, электрохонингование, суперфиниш, анодно-абразивное полирование.

Принципиальная схема анодно-абразивной обработки показана на рис. 1.

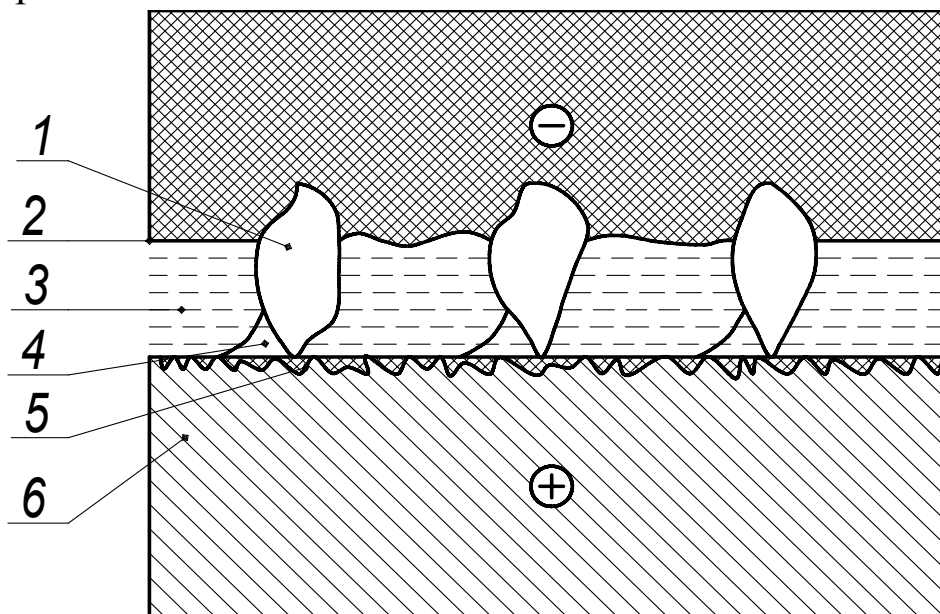


Рис.1. Принципиальная схема анодно-абразивной обработки

В результате электрохимического процесса, происходящего в среде электролита 3, при прохождении электрического тока на поверхности детали 6 образуется анодная пленка 4, которая легко удаляется режущими зернами 1 абразивного или алмазного токопроводящего круга 2. Окисная пленка, покрывающая впадины 5 обрабатываемой поверхности, имеет электрическое сопротивление больше, чем выступы, в результате растворения и удаления которых образуется ровная поверхность.

Основной закон электрохимического растворения в дифференциальном виде

$$dv = C_v J dt ,$$

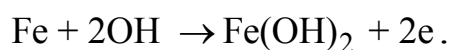
где v – объем растворенного металла, см³;

C_v – объемный электрохимический эквивалент обрабатываемого металла, см³(А·мин);

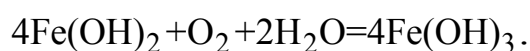
J – сила тока, А;

t – продолжительность процесса обработки, мин.

При электрохимическом растворении быстрорежущей стали, когда в качестве электролита служат водные растворы KNO₃, на аноде протекает реакция:



На воздухе Fe(OH)₂ быстро окисляется и реакция протекает следующим образом:



Образовавшаяся гидроокись железа удаляется движущимся электролитом. В качестве инструмента применяются при электроалмазном шлифовании алмазные круги на металлической связке, при электроабразивном шлифовании – графитизированные и металлоабразивные круги, при электрохонинговании – абразивные бруски, при суперфинише – токопроводящие бруски, при анодно-абразивном полировании – суспензия мелкозернистого абразива.

Концентрация абразивных зерен влияет на электропроводность круга. Наибольшую производительность показали круги с концентрацией абразивных зерен 25 %. По совокупности влияния характеристик металлоабразивных кругов лучшими свойствами обладают круги зернистостью 10 – 16 (по ГОСТ 2424-82), обеспечивающие максимальную производительность при низкой шероховатости поверхности.

В качестве электролита при электроабразивном шлифовании применяют состав: 20 % KNO_3 , 0,3 % KNO_2 , остальное вода. Добавление 0,3 % KNO_2 способствует повышению коррозионной стойкости оборудования. Технологические параметры процесса существенно не меняются, если вместо азотнокислого калия KNO_3 взять $NaNO_3$ (с добавкой 0,3 % $NaNO_2$). В рабочую зону подводится 5 – 7 л/мин электролита. Электролит заменяют при уменьшении технологического тока на 15 – 20 %. Причиной уменьшения технологического тока может быть зашламливание электролита продуктами растворения, малая концентрация солей в электролите и плохие электрические контакты.

Примерные режимы электроабразивного шлифования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Шлифование	U_p , В	i , А/см ²	p , кгс/см ²	Скорость движения круга, м/с	Производительность, мм/мин	Чистота поверхности
Черновое	16 – 20	8 – 15	0,5 – 1,5	20 – 30	10 – 30	$R_z10 - R_z4,0$
Чистовое	14 – 16	3 – 7	0,5 – 1,5	20 – 30	5 – 15	$R_z2,0 - R_z0,5$
Отделочное	4 – 5	0,5 – 1,0	0,5	0,5 – 1,0	2 – 3	$R_z0,5 - R_z0,2$

Содержание работы

Определяется влияние плотности анодного тока на производительность и шероховатость поверхности после обработки, величину давления p инструмента, на производительность обработки; исследуется обрабатываемость различных материалов электроабразивным методом.

Оборудование, инструмент, заготовки

1. Оборудование. Модернизированный круглошлифовальный станок мод. 3Б161.

Схема обработки следующая: от источника питания 6 электрический ток подается на деталь 3 (+) и охватывающий электрод 1 (-) (рис. 2). В межэлектродный зазор подается электролит 2 со скоростью V_3 . Образовавшуюся на поверхности заготовки анодную пленку 4 снимают шлифовальным, электрически нейтральным кругом 5.

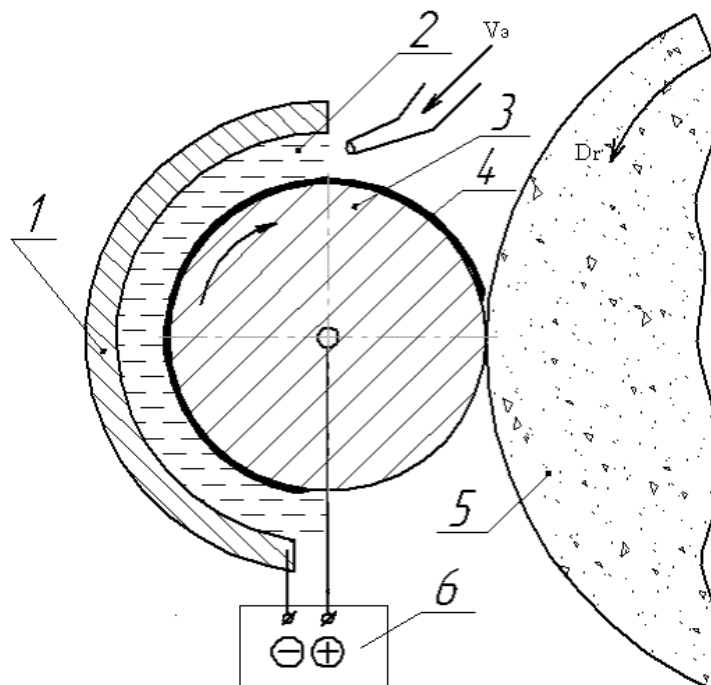


Рис. 2. Схема анодно-абразивной обработки

Таким образом, обрабатываемая заготовка является анодом, роль катода выполняет охватывающий электрод (из меди или латуни). Абразивный круг используется лишь для придания обрабатываемой детали необходимых геометрических размеров, формы шероховатости и волнистости поверхности.

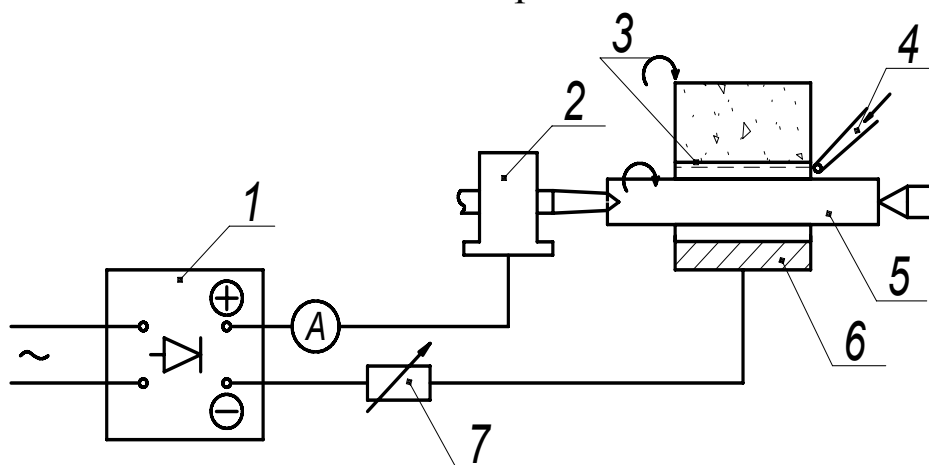


Рис. 3. Схема станка для электроабразивного шлифования электрически нейтральным инструментом:
 1 – источник постоянного тока; 2 – скользящий контакт; 3 – электронейтральный круг; 4 – трубопровод для подачи электролита; 5 – заготовка; 6 – охватывающий электрод; 7 – регулируемое сопротивление

На рис. 3 показана схема станка. Источник питания – агрегат выпрямительный кремниевый типа ВАКГ-12/6-630, техническая характеристика его дана в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Показатель	Режим работы	
		1-й	2-й
1	Напряжение питающей сети, В	380	380
2	Выходная мощность, кВт	72	36
3	Минимальное выпрямленное напряжение, В	8	3
4	Номинальное выпрямленное напряжение, В	12	6
5	Минимальный выпрямленный ток, А	150	150
6	Максимальный выпрямленный ток, А	630	630
7	Область регулирования выходного напряжения, В	7,5 – 16	1,5 – 8

Принцип действия агрегата ВАКГ-12/6-630

В агрегате применена схема автоматического регулирования, которая поддерживает заданную плотность тока как при изменении нагрузки станка, так и при изменении напряжения питающей сети. Напряжение на электродах станка автоматически регулируется в соответствии с вольтамперной характеристикой процесса обработки и в зависимости от обрабатываемой поверхности.

Агрегат настраивается на первый режим соединением переключателей в «треугольник», получая на выходе агрегата напряжение 12 В.

При настройке на второй режим первичные обмотки соединяют в «звезду», что дает на выходе агрегата напряжение 6 В.

Положение переключателей агрегата при работе показано на рис. 4.

1. Выходной ток и выходное напряжение контролируются амперметром и вольтметром.

2. Инструмент: обрабатывающий – шлифовальный круг; измерительный профилиметр-профилограф мод. 252 завода «Калибр», штангенциркуль; секундомер.

3. Приспособление для измерения давления инструмента на заготовку.

4. Электролит: 20 %-ный водный раствор азотно-кислого калия KNO_3 .

5. Заготовки: валы гладкие диаметром 20 – 30 мм, длиной 40 – 60 мм.

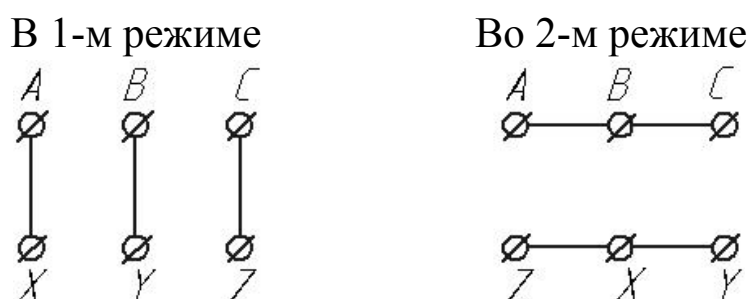


Рис. 4. Положение переключателей агрегата

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать необходимый ток нагрузки по формуле

$$J = iS,$$

где J – ток нагрузки, А;

i – плотность тока, А/см²;

S – площадь обрабатываемой заготовки, см².

2. Включить станок, установить заготовку и спецоправку в центры, подвести шлифовальный круг, одновременно включить электролит.

3. Вручную подвести шлифовальную бабку до соприкосновения шлифовального круга с заготовкой.

4. Настроить лимб поперечной подачи на пробный размер.

5. Включить источник электрического тока.

6. Шлифовать деталь до пробного размера.

7. Выключить источник электрического тока и для получения низкой шероховатости обработанной поверхности выполнить 2 – 3 хода без поперечной подачи (выхаживание).

8. Отвести шлифовальную бабку, отключить электролит.

9. Снять оправку с деталью с центров, промыть деталь и оправку в горячей воде ($t = 70 - 90$ °С), а затем в холодной проточной воде.

10. Замерить детали.

Отчет о работе

Отчет должен содержать:

- краткое описание работы, сущность процесса обработки;
- схему станка для электроабразивного шлифования;
- таблицу режимов электроабразивного шлифования;

- графическую зависимость производительности (Q , мм³/мин) и шероховатости поверхности (R_z , мкм) от плотности тока (i , А/см²);
- графическую зависимость этих же параметров от давления инструмента (p , Н/см²);
- таблицу обрабатываемости различных материалов, заготовок;
- анализ результатов исследования и выводы.

Лабораторная работа № 7

ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА КОВОЧНЫХ ШТАМПОВ

Цель работы: приобретение навыков в разработке технологических процессов изготовления фасонных полостей электроимпульсным методом и экспериментальное определение технологических показателей при изготовлении рабочего профиля ручья ковочного штампа на рым-болт.

Основы технологии электроимпульсной обработки

1. Электроимпульсная обработка включается в технологический процесс механической обработки деталей обычно после заготовительных черновых и чистовых механических операций и термической обработки перед финишными операциями.

2. Оборудование и источники питания выбираются в зависимости от площади обрабатываемой поверхности, размеров детали, требуемой точности и качества обработки, программы выпуска и типа производства.

3. Электрод-инструмент состоит из двух частей – рабочей (профилирующей) и крепёжной (базовой). Установочная базовая поверхность служит для фиксации и крепления электрода-инструмента на электрододержателе и обычно составляет одно целое с рабочей частью, но в случае профилированных электродов может быть изготовлена из металла. В электроде-инструменте сверлят отверстия для прокачки рабочей жидкости. Рабочая часть электрода-инструмента представляет зеркальное отражение обрабатываемой поверхности с измененными размерами, учитывающими особенности электроимпульсной обработки (рис. 1).

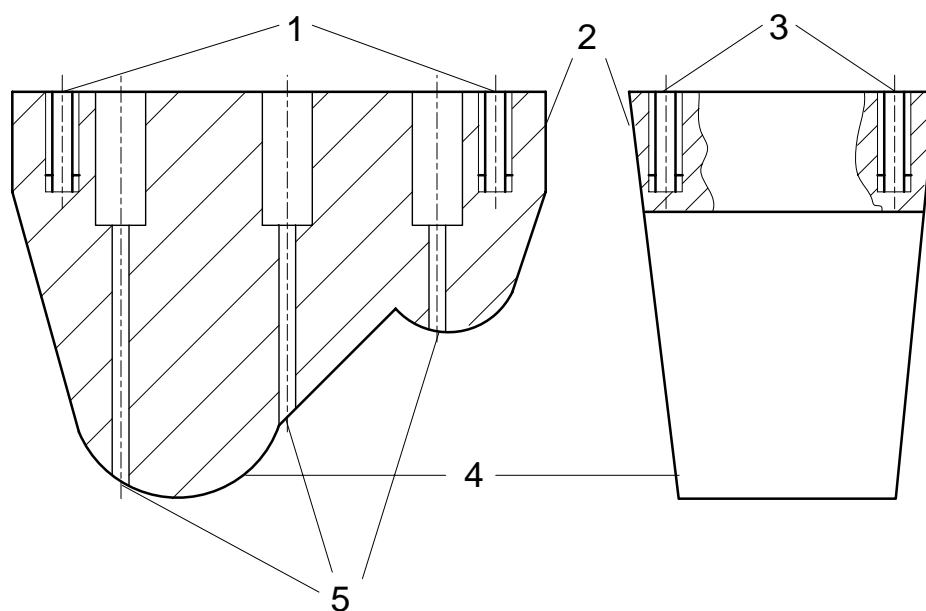


Рис. 1. Рабочая часть электрода-инструмента:

1 – отверстие для крепления электрода-инструмента к электродержателю; 2 – установочная поверхность; 3 – отверстие под фиксатор; 4 – профилирующая часть; 5 – отверстие для прокачки рабочей жидкости

4. Определение режима электроимпульсной обработки заключается, в первую очередь, в правильном выборе электрических параметров – среднего тока и напряжения холостого хода.

Производительность обработки зависит от обрабатываемой поверхности и силы тока. При выборе режима следует пользоваться номограммой (рис. 2). По известному значению площади обрабатываемой поверхности, например 17 см^2 , поднимаемся вверх и находим на наклонной прямой 4 точку А. Затем, двигаясь в направлении стрелок до пересечения со шкалами и наклонными прямыми, получаем среднее значение тока, напряжения холостого хода, производительности и наибольшей шероховатости поверхности.

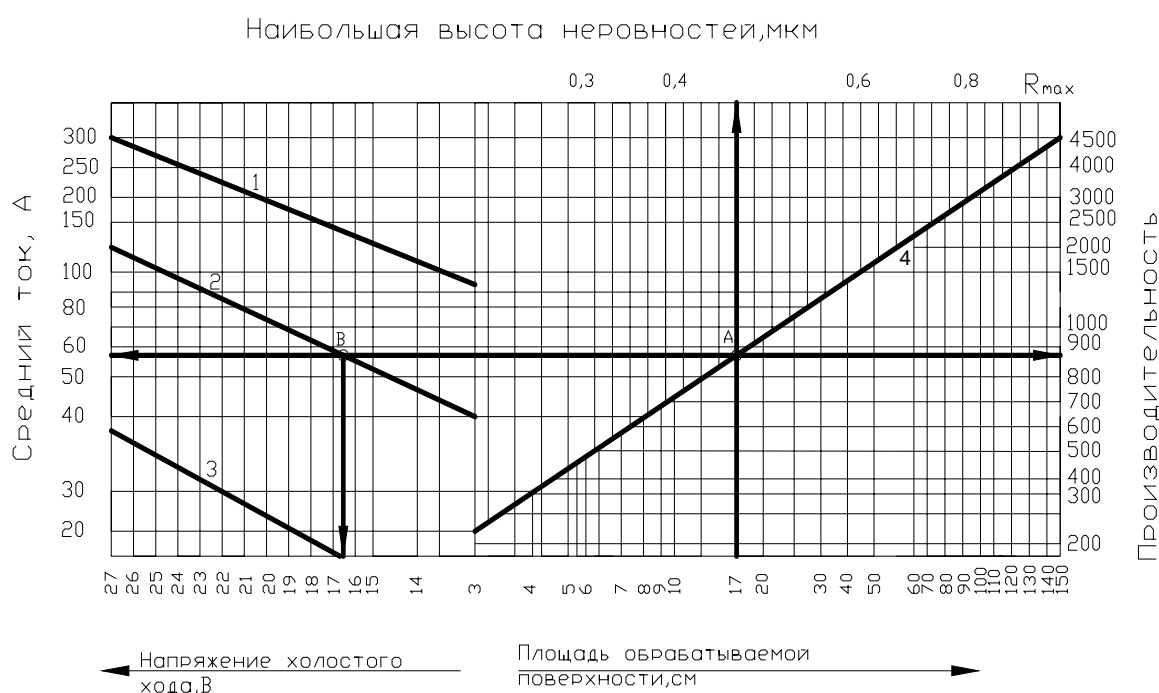


Рис. 2. Номограмма для определения электрических параметров электроимпульсной обработки

Переход от черновых режимов к чистовым в процессе электроимпульсной обработки осуществляется уменьшением величины среднего тока до минимальных значений.

5. В качестве рабочей жидкости применяют индустриальное масло, керосин, их смесь, трансформаторное масло. Кинематическая вязкость жидкости не должна превышать $1,84 - 6,0 \text{ м}^2/\text{с}$ при $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

6. Прокачка рабочей жидкости через электрод-инструмент позволит активизировать процесс и улучшить удаление продуктов обработки. Она применяется обязательно при обработке геометрически сложных поверхностей глубиной выше 10 – 15 мм.

7. Вибрация (осцилляция) электрода-инструмента используется для стабилизации процесса обработки. Применяется на чистовых режимах.

8. Применение осцилляции электродов-инструментов позволяет компенсировать износ электрода и увеличивает производительность обработки путем рационального использования грубых режимов, особенно при обработке фигур с вертикальными поверхностями.

9. Для установки обрабатываемой заготовки используются тиски, призмы. Широко распространено крепление непосредственно на стол станка. Деталь фиксируется в нужном положении с помощью упоров и планок. Положение установочных элементов на станке выверяется индикаторами. Крепление деталей выполняется обычно прихватами. Электроды-инструменты крепятся в электрододержателях, устанавливаемых в шпинделях станков с помощью патронов. В вертикальном положении электрод-инструмент выверяется угольником, угломером или индикатором. В горизонтальной плоскости электрод-инструмент устанавливается относительно детали по разметочным рискам или с помощью плоскопараллельных мер, контрольных оправок и шаблонов. Для этих же целей применяются специальные приспособления колонного типа и кондукторы.

10. Формы и размеры обрабатываемых деталей контролируются глубиномерами, шаблонами и индикаторными устройствами станка. Для контроля поверхности сложного профиля прибегают к изготовлению оттиска обработанной фигуры, который подвергают обмеру. Материалом для изготовления оттисков служит пластмасса.

11. Точность электроимпульсной обработки зависит от геометрической точности станка, погрешности в установке заготовки, износа электрода-инструмента и материала обрабатываемой заготовки.

Изделия, их габаритные размеры, профиль обрабатываемой поверхности и модели станков приведены в таблице.

Объект обработки	Габаритные размеры, мм	Операция	Размеры площади обработ. поверхности, см ²	Модель станка
Ковочные, гибочные, формовочные штампы	До 200×250, До 350×350, Св. 350×350	Электроимпульсная обработка фигуры	До 30, до 140, св. 140	4Д722, 4Б723М, 4А724
Вырубочные, обесечённые штампы, матрицы	До 200×250, До 250×350	Электроимпульсная обработка рабочего контура	До 4, до 10, св. 140	4Д722, 4Б723М, 4А724
Ключи, клейма. Извлечение сломанного инструмента	Мелкие, средние, крупные детали	Электроимпульсная обработка профильных поверхностей и извлечение сломанного инструмента	До 4, до 10, св. 10	4611, 4Б722, 4Б723М

Содержание работы

Разрабатывается технологический процесс изготовления формообразующей части ковочного штампа на рым-болт электроимпульсным методом, экспериментально изготавливается рабочий профиль ручья штампа и определяются технологические показатели на черновых и чистовых режимах, заполняется операционная карта электроимпульсной обработки.

Оборудование, инструмент, заготовки

1. Оборудование: электроимпульсный копировально-прошивочный станок модели 4Б723М.

Основные данные:

Наибольшие размеры обрабатываемой детали, мм: длина – 500; ширина – 340; высота – 240.

Наибольшая масса электрода-инструмента – 25 кг.

Наибольшее расстояние от рабочей поверхности стола до торца осциллирующей головки – 450 мм.

Ход шпинделя – 200 мм.

Источники технологического тока:

широкодиапазонный генератор импульсов ШГИ125-100М;

тиристорный генератор импульсов ТГ250-0.15;

наибольшая производительность по стали 45 (HRC-45) медным электродом 4000 мм³/мин;

точность формы (овальность) цилиндрического отверстия – 0,05 мм.

2. Инструмент: обрабатывающий – фасонный электрод-инструмент; материал-графит ЭЭГ; не указанные на рис. 3 размеры: отверстий по Н9, валов по h9, остальных размеров – по IT12; измерительный индикатор, глубиномер, штангенциркуль, эталоны шероховатости, секундомер.

3. Заготовки: круглые диаметром 90 – 100 мм и высотой 20 – 30 мм или прямоугольные, длиной 85 – 100 мм, шириной 40 – 50 мм и высотой 20 – 30 мм. Материал – сталь 5ХНМ.

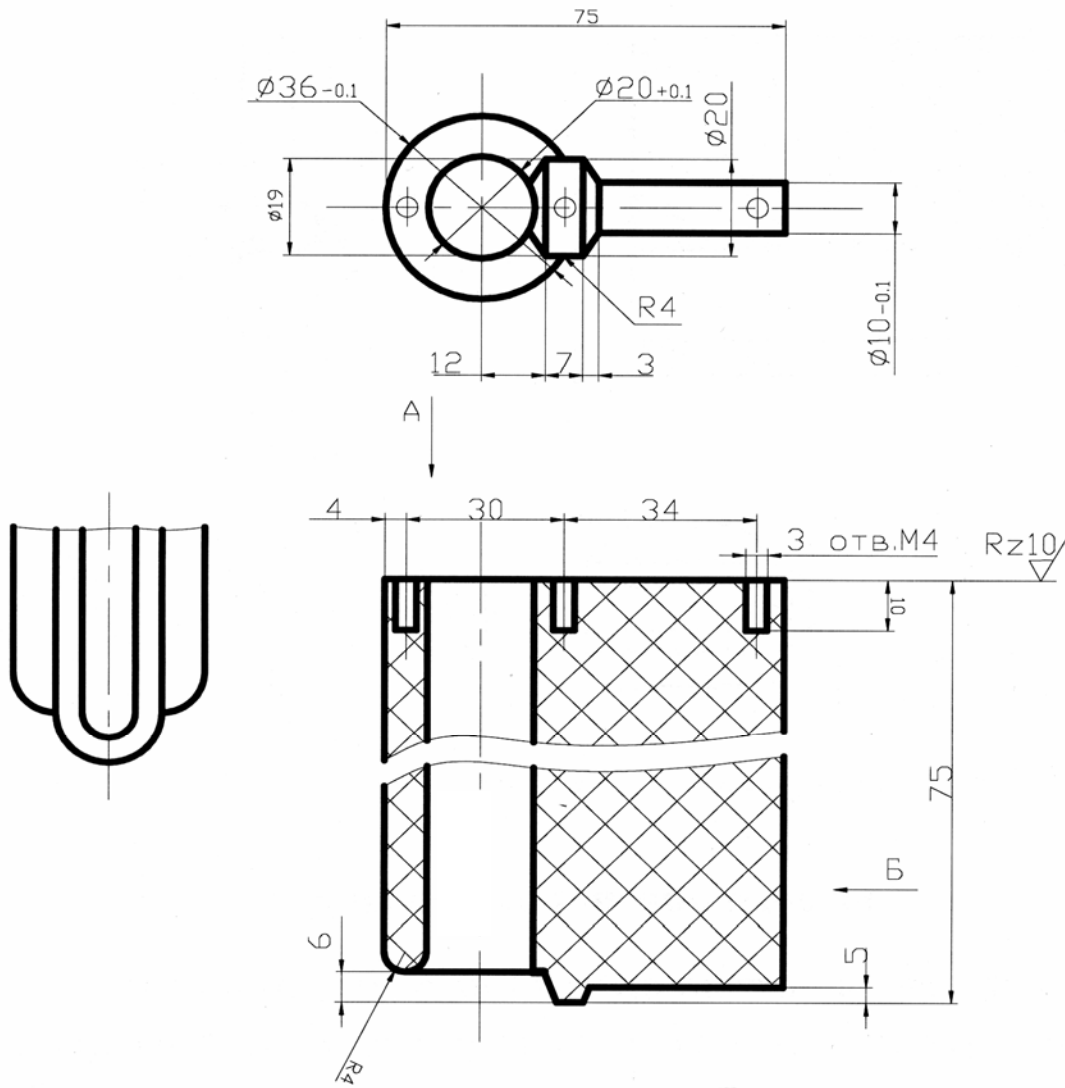


Рис. 3. Чертеж электрода-инструмента

Порядок выполнения работы

1. Разработать технологическую операцию электроимпульсной прошивки формообразующей полости ковочного штампа на рым-болт.
2. Заполнить операционную карту электроимпульсной обработки согласно приложению.

3. Установить и зажать заготовку на столе станка, пользуясь прижимными планками.

4. Установить электрод-инструмент в электрододержателе, выверить его относительно стола и детали, закрепить.

5. Поднять ванну и включить двигатель нагнетания рабочей жидкости.

6. Установить значения режимов работы по операционной карте для второго перехода и выполнить предварительную обработку (прожигание) на глубину до полного контакта всей площадью электрода-инструмента. Выключить напряжение, опустить ванну, провести контроль.

7. Установить значения режимов работы по операционной карте для третьего перехода, выжечь основную массу металла в полости штампа, оставляя припуск 0,5 мм. Выключить напряжение источника питания, опустить ванну, провести контроль.

8. Установить значение режимов работы для четвёртого перехода по операционной карте и выполнить чистовую обработку (прожигание). Выключить напряжение источника питания, опустить ванну, провести контроль.

9. Определить производительность процесса, точность формы (пользуясь оттисками из пластилина), класс шероховатости поверхности.

Отчет о работе

Отчет должен содержать:

- краткое описание технологического процесса электроимпульсной обработки; основные сведения о станке 4Б723М, инструменте, заготовках;

- операционную карту электроимпульсной обработки рабочего профиля ручья ковочного штампа на рым-болт;

- краткие выводы по работе.

Лабораторная работа № 8
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ
ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ
НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ И ТОЧНОСТЬ
ОБРАБОТКИ

Цель работы: изучение факторов, влияющих на среднеарифметическое отклонение профиля и точность обработки, приобретение практических навыков работы на электроимпульсном станке модели 4Б723М.

Общие сведения

Профиль детали, образованный в процессе электроимпульсной обработки, не совпадает с исходным формообразующим профилем электрода-инструмента.

Отклонение может быть представлено в виде суммы четырех погрешностей

$$\Delta_{\text{сум}} = f(\Delta_{\text{ст}}, \Delta_{\text{н}}, \Delta_{\text{наст}}, \Delta_{\text{пр}}),$$

где $\Delta_{\text{ст}}$ – отклонение, обусловленное станком ($\Delta_{\text{ст}} \sim 0,05$ мкм);

$\Delta_{\text{н}}$ – отклонение, обусловленное нагревом заготовки и электрода-инструмента; $\Delta_{\text{наст}}$ – отклонение, обусловленное неточностью взаимного расположения профилирующего инструмента и заготовки; $\Delta_{\text{пр}}$ – отклонения, связанные с процессом эрозии.

Отклонение $\Delta_{\text{ст}}$ вызывается геометрической неточностью станка, деформациями при его нагружении и колебаниями, возбуждаемыми вибратором. Погрешности как следствие неточности изготовления станка могут быть оценены по нормам на его геометрическую точность. Рабочим движением, обеспечивающим получение заданных размеров обрабатываемой поверхности в

универсальных копировально-прошивочных станках, считается вертикальное перемещение электрода-инструмента. Все остальные перемещения узлов станка установочные, и их влияние на точность размеров обработки может быть исключено.

Отклонения от перпендикулярности направления рабочего перемещения шпинделя к поверхности стола вызывают искажение горизонтальных размеров обрабатываемого профиля. При обычной точности исполнения электроимпульсных копировально-прошивочных станков эти искажения сравнительно невелики. Искажение профиля, вызываемое нагружением станка электродом-инструментом и обрабатываемой деталью, в основном определяется жесткостью стола и инструментальной головки с несущими ее элементами. Применением рациональной конструкции, обеспечивающей высокую жесткость, эти искажения могут быть уменьшены до величин, мало влияющих на суммарную погрешность обработки.

Влияние смещения шпинделя, а вместе с ним электрода-инструмента на точность размеров получаемой поверхности может быть установлено выверкой и регулированием положения электрода-инструмента относительно заготовки после нагружения станка с учетом имеющихся деформаций.

Большое значение могут иметь отклонения, получаемые вследствие колебаний электрода, возбуждаемых электромагнитным вибратором.

Величина погрешности Δ_n , вызванной изменением теплового режима заготовки и инструмента в направлении, перпендикулярном к подаче инструмента, составит:

$$\Delta_n = L(\lambda_э - \lambda_д)(T_2 - T_1),$$

где L – размер обрабатываемой поверхности, изменяемый в результате температурных деформаций, мм;

$\lambda_э$ – коэффициент линейного расширения материала электрода-инструмента;

λ_d – коэффициент линейного расширения материала обрабатываемой детали;

T_2 – температура окружающей среды;

T_1 – температура рабочей жидкости к концу обработки.

Приводим коэффициенты линейного расширения для некоторых материалов.

Незакаленная сталь – 10,76

Закаленная сталь – 12,4

Жаропрочный сплав – 12,8

ЭИ 437 / ХН77Т10 /

Твердые сплавы – 5 – 6

Чугун – 11,4

Красная медь – 17

Алюминий – 25

Углеродистые материалы – 1,2 – 2,6

Температурная погрешность может быть резко уменьшена при снижении температуры сред. При обработке небольших деталей (с размерами 16 – 20 мм) эта погрешность невелика и не оказывает большого влияния на суммарную точность обработки.

Отклонение $\Delta_{\text{наст}}$ зависит от метода установки и выверки применяемых приспособлений и измерительных инструментов, навыка рабочего и других факторов. Данные отклонения могут достигать 0,01 – 0,02 мм.

Отклонение $\Delta_{\text{пр}}$, связанное с процессом эрозии, обусловлено отсутствием механического контакта между обрабатываемой поверхностью и инструментом при наличии периодически повторяющихся между ними разрядов и большим сравнительно с механической обработкой износом электрода-инструмента.

Процесс обработки протекает при наличии зазора между электродом-инструментом и обрабатываемой деталью. Колебание величины межэлектродного зазора характеризует точность обработки. Зазор учитывается при разработке инструмента и является составной частью коррекции его профиля.

На точность обработки оказывают влияние колебания величины междуэлектродного зазора, которые не могут быть заранее учтены. Различают два вида зазора – торцевой и боковой. Боковой зазор

$$\delta_B = CW^q,$$

где C – постоянный коэффициент (для сталей $C = 240$ мкм/Дж);

W – энергия импульсов;

q – показатель степени (для сталей $q = 0,36$).

Энергия импульсов

$$W = \frac{UI_{\text{ср}}}{f},$$

где U – напряжение, В;

I – средний ток;

f – частота следования импульсов, Гц.

Отклонение бокового зазора от расчетной величины определяется следующим образом:

$$\Delta\delta_B = CW^q \left[(1 + K)^q - 1 \right],$$

где K – коэффициент, зависящий от режимов обработки и материала электрода-инструмента.

При обработке стали 45 медным электродом-инструментом и частоте импульсов 400 Гц $K = 0,27$.

Расчетный торцевой зазор

$$\delta_{\text{тр}} = \delta_S + \delta_{\text{эи}},$$

где δ_S – рабочий зазор;

$\delta_{\text{эи}}$ – начальное увеличение размеров электродов-инструментов.

Погрешность торцевого зазора

$$\Delta\delta_{\text{тр}} = \Delta\delta_S + \Delta\delta_{\text{эи}}.$$

Экспериментально установлено, что погрешность межэлектродного зазора $\Delta\delta_s$, связанная с установкой напряжения и колебаниями состава среды в связи с ее загрязнением, при отключении подачи электрода-инструмента и последующей работе до неполного прекращения разряда, составляет 0,005 – 0,008 мм. Погрешность $\Delta\delta_{эи}$ зависит от энергии импульсов и материалов электродов-инструментов

$$\Delta\delta_{эи} = CW^m \left[(1+k)^m - 1 \right].$$

Показатель m в зависимости от материалов электродов-инструментов изменяется от 0,2 до 0,5.

Более высокая точность будет получена в том случае, если сначала будет отключаться подача электрода-инструмента, а затем процесс продолжается до полного самостоятельного прекращения разрядов.

Суммарная погрешность вертикальных размеров зависит от температурной погрешности, отклонения получаемого межэлектродного зазора от расчетной величины, от погрешности установки рабочего перемещения электрода-инструмента.

Погрешность отсчета перемещения инструмента в основном отражается на точности расположения обработанной поверхности относительно баз и может быть уменьшена подгонкой базовых поверхностей.

Суммарная погрешность горизонтальных размеров складывается из погрешности, вызываемой вибрациями; погрешности, обусловленной неточностями изготовления станка; погрешности, связанной с нагрузкой станка обрабатываемой деталью и электродом-инструментом; температурной погрешности; отклонения межэлектродного зазора от расчетной величины; погрешности установки, искажений профиля электрода-инструмента, вызываемых его износом.

Результирующая погрешность обработки определяется из выражения

$$\Delta_{\text{сум}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_n^2},$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_n$ – соответствующие составляющие суммарной погрешности.

Допуск на размер электрода-инструмента

$$\delta_{\text{эи}} = \sqrt{\delta_{\text{д}}^2 - \Delta_{\text{об}}^2},$$

где $\delta_{\text{д}}$ – допуск на размер детали;

$\Delta_{\text{об}}$ – возможная погрешность обработки.

Влияние неточности изготовления электрода-инструмента на точность получаемых деталей характеризуется следующим выражением:

$$\xi = \sqrt{1 - K^2} - 1,$$

где ξ – изменение погрешности размеров обрабатываемой детали в связи с неточностью изготовления электродов-инструментов в относительных единицах; K – относительная погрешность размеров электродов-инструментов в долях от погрешности обработки.

$$K = \frac{\Delta_{\text{эи}}}{\Delta_{\text{об}}}.$$

Приводим изменение погрешности размеров обрабатываемой детали в зависимости от величины K (табл. 1).

Таблица 1

Относительная погрешность	10	20	30	40	50	60	80	100
Изменение погрешности размеров детали, %	5	11	15	18	22	27	35	41

Расчет числа проходов

Под проходом понимается прошивание детали одним электродом. Число проходов зависит от эрозионной стойкости элект-

трода-инструмента, глубины прошиваемой детали и требуемой точности.

В практике электроимпульсной обработки могут встречаться разнообразные варианты: в одних случаях возможно одним электродом изготовить одну или несколько деталей в один проход; в других случаях в условиях серийного производства, в целях снижения расхода инструмента изношенные электроды используются многократно и число проходов увеличивают до 2 – 3. Приходится обрабатывать в несколько проходов – это часто связано с повышенным износом уточненных участков электрода (расчет числа проходов следует выполнять по тому участку обрабатываемого изделия, где износ электрода максимален).

В серийном производстве многоместных деталей выгодной схемой обработки, характеризующейся наименьшим расходом инструментов при определенном числе проходов, является обработка изделий вначале черновыми, а затем чистовыми электродами при одинаковой периодичности их замены. При этом в качестве черновых используются электроды, применявшиеся на предыдущих проходах, и только чистовой проход в партии деталей выполняется новым электродом. В результате на партию деталей расходуется один новый электрод-инструмент. Величина подачи электродов на всех проходах одинакова и соответствует полной глубине прошиваемой полости, что существенно облегчает управление станком и автоматизацию рабочего цикла.

Наиболее целесообразна указанная схема при изготовлении многополосных деталей, например, при обработке межлопаточных канавок рабочих колес радиальных турбин, когда каждый канал можно рассматривать как одно из изделий в партии.

Для точного расчета числа проходов необходимо иметь зависимость между числом проходов и количеством изделий в партии при известных параметрах детали и электрода (глубина профиля, требуемая точность обработки и величина износа). Такая зависимость выражается формулой

$$n = \frac{\lg \left[\frac{H}{B\delta} (1 - \gamma t) + \gamma t \right]}{\lg \frac{1 - \gamma t + \gamma t B}{\gamma t B}},$$

где n – число проходов, необходимое для обработки каждой детали;

B – глубина профиля обрабатываемой детали, соответствующая участку наибольшего абсолютного износа электрода, в случае, когда относительный износ электрода одинаков на всех участках;

H – максимальная глубина профиля;

t – число профилируемых деталей;

γ – относительный износ электрода-инструмента;

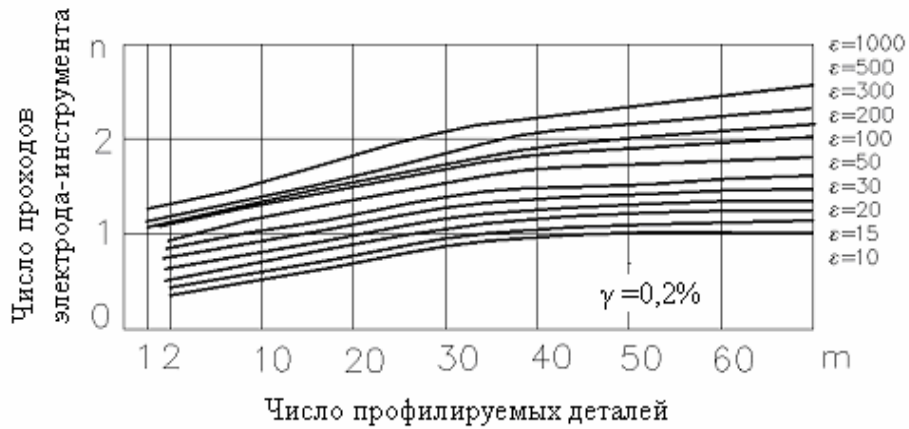
δ – наибольшее допускаемое искажение профиля детали, вызываемое износом электрода (принимается равным примерно половине послеоперационного допуска, но не более 0,2 – 0,3 мм)

$$B = \frac{1 - (1 - \gamma t)(1 + \gamma)^m}{\gamma t \left[(1 - \gamma)^m - 1 \right]}.$$

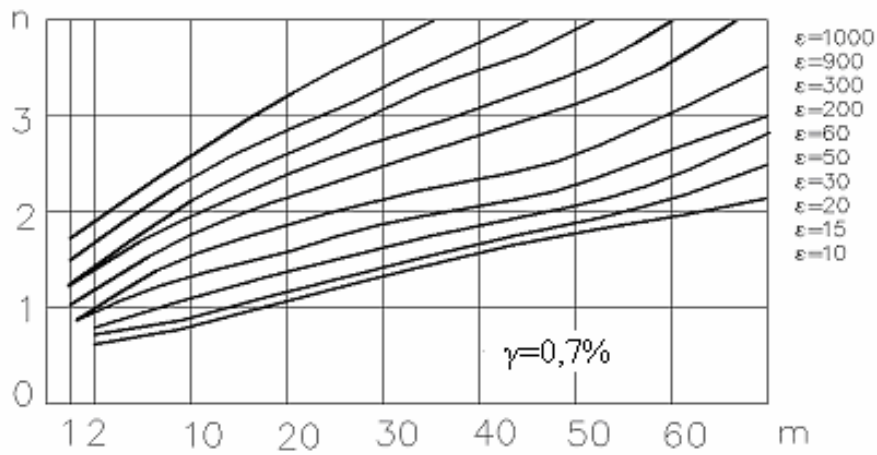
Графики, построенные по расчетным данным (рис. 1), показывают наиболее часто встречающиеся отношения $E = \frac{H}{B}$ от 10

до 1000 при величине относительного износа γ 0,002; 0,005; 0,007; 0,01 и 0,04 (на рисунке износ выражен в процентах).

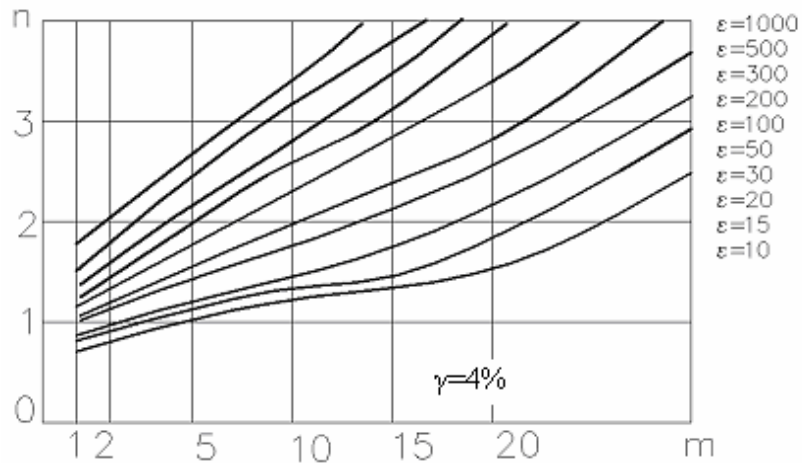
Применение графиков удобно тем, что становится возможным не только быстрый подбор числа проходов для определенного числа деталей, но и выбор рациональной величины партии при повторном использовании электродов, а также увязка со значением E , которым обычно можно в известных пределах варьировать за счет припуска, оставляемого после электроимпульсной обработки.



а)



б)



в)

Рис. 1. Графики для определения числа проходов:
 а – $\gamma = 0,2\%$; б – $\gamma = 0,7\%$; в – $\gamma = 4\%$

Графики могут быть использованы при определении числа деталей, которые можно изготовить одним электродом до его износа сверхдопустимой величины δ ; в этом случае определяется значение m при $n = 1$. Этот вариант весьма перспективен при такой форме электрода, которая допускает систематическую поправку (заточку) его рабочей части.

В наиболее неблагоприятных случаях, когда необходимо несколько проходов для обработки всего лишь одной детали, величина n определяется при $m = 1$.

Графики, представленные на рис. 2, 3, используются для выбора параметров электроимпульсной обработки.

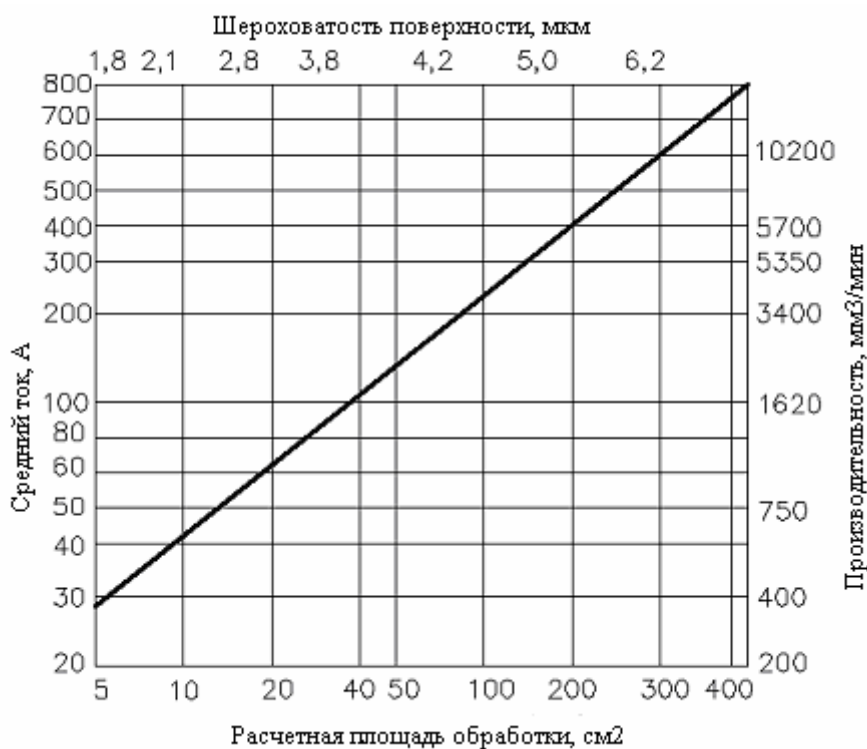
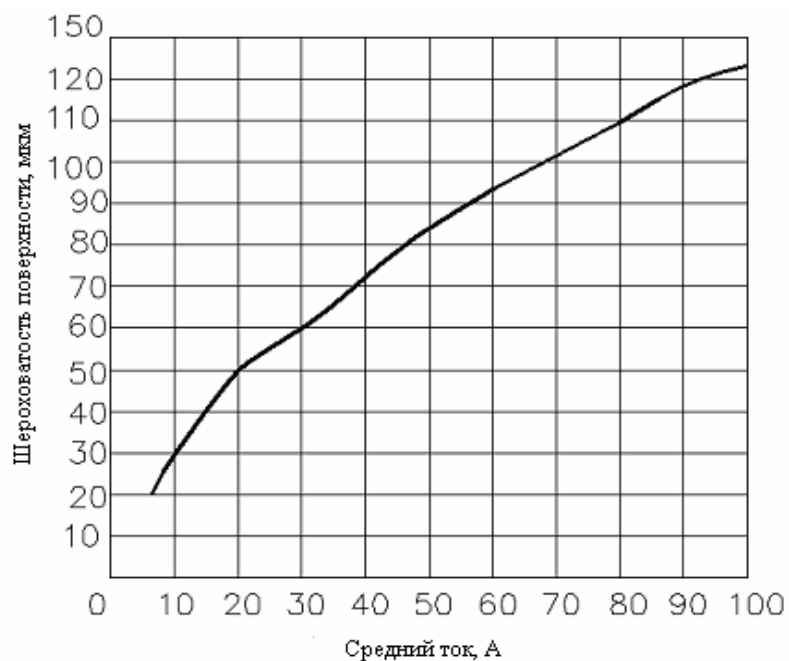


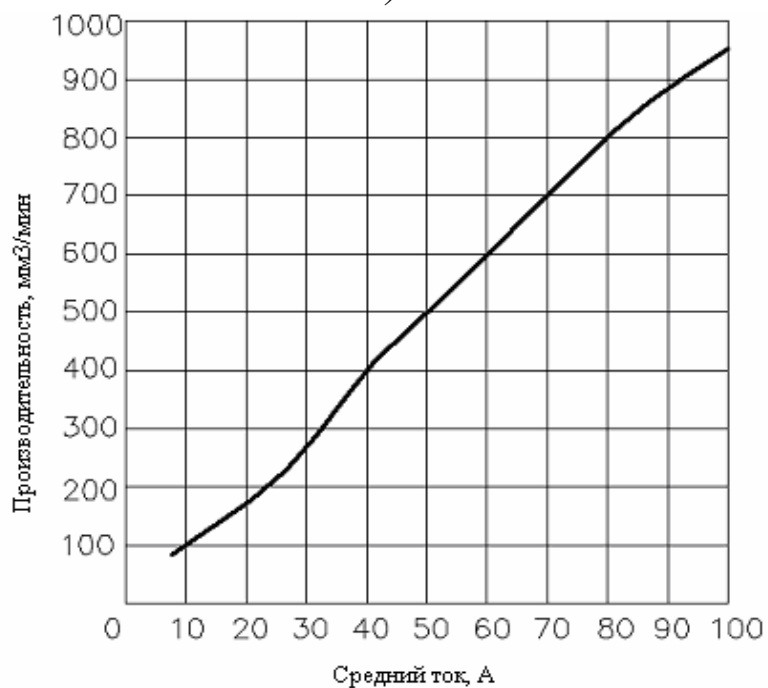
Рис. 2. Влияние площади обрабатываемой поверхности на показатели процесса электроимпульсной обработки

При использовании графиков в случаях, когда величины E , γ , m отличаются от указанных на рисунке, следует интерполировать результаты и округлять значения n до ближайшего целого

числа, вследствие чего истинная величина γ будет несколько меньше принятой в расчет.



a)



б)

Рис. 3. Влияние средней величины электрического тока на производительность процесса: а – при малой производительности; б – при большой производительности

Расчет припусков

Припуском на электроимпульсную обработку является слой металла, удаляемый с поверхности заготовки в результате электроэрозионного процесса.

Промежуточным припуском является слой металла, необходимый для выполнения технологического перехода. Он определяется как разность размеров, получаемых на предшествующем и выполняемом переходах технологической операции обработки данной поверхности.

На копировально-прошивочных операциях обычно удаляется односторонний припуск. Минимальный припуск на обработку

$$Z_{\min} = (R_a + T_a) + |\bar{\rho}_a + \varepsilon_y|.$$

где Z_{\min} – минимальный припуск на сторону для выполняемой обработки;

R_a – средняя высота поверхностных неровностей полученных на предшествующем переходе;

T_a – глубина дефектного слоя, полученного на предшествующем переходе;

$\bar{\rho}_a$ – векторная (геометрическая) сумма пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей обрабатываемой заготовки, получившаяся на предшествующем переходе;

ε_y – погрешность установки при выполняемой обработке.

Для расчета по приведенной формуле в практике механической обработки используют справочные таблицы со значениями R_a , T_a и др., причем табличные данные для расчета отличаются по различным отраслям машиностроения и учитывают конкретные условия производства.

Припуск на электроимпульсную обработку, если она следует после механической, определяется опытным путем по спра-

вочным величинам R_a , T_a , ρ_a для предшествующего перехода механической обработки и величины погрешности установки, которая для электроимпульсных станков такая же, как и для металлорежущих.

В случае, когда требуется определить припуск на механическую обработку после электроимпульсной (предшествующий переход выполнен на электроимпульсном станке), величину T_a следует выбирать по данным, приведенным на рис. 2, 3. Величину ρ_a и E_y выбирают по данным для металлорежущих станков. Величина слоя с измененной структурой для стали 45 приведена для черновых режимов в табл. 2 и для чистовых – в табл. 3.

Таблица 2

Зависимость глубины измененного слоя от тока и частоты следования импульсов

Частота следования импульсов, имп./с	Общая наибольшая глубина зоны структурных превращений в при среднем токе, А										
	10	20	50	100	200	300	400	500	600	800	1000
400	0,06	–	0,2	0,23	0,26	0,3	0,47	0,53	0,6	–	–
100	0,15	0,2	–	0,31	0,36	0,54	–	0,6	–	0,9	–
50	0,2	0,35	0,42	0,47	–	0,63	0,73	–	0,8	–	0,84

Таблица 3

Частота следования импульсов, кГц	Общая наибольшая глубина зоны структурных превращений в при среднем токе, А				
	1,2	3	7	10	15
7 – 8	–	0,03	–0,04	0,05	0,06
22 – 25	0,12	0,02		–	0,05

Максимальный припуск определяется на основе известного минимального припуска по формуле

$$Z_{\max} = Z_{\min} + T_{i-1} - T_i,$$

где T_{i-1} , T – соответственно допуск выдерживаемого размера на предшествующем и выполняемом переходе.

Приведенная выше формула для расчета максимального припуска является основной и включает все возможные производственные погрешности.

В ряде конкретных случаев те или иные составляющие припуска выпадают. Например, при установке заготовки на магнитную плиту электроимпульсного станка при совмещенных установочной и измерительной базах исключается погрешность установки и, следовательно, $E_y = 0$; при определении припуска на чистовой проход, выполняемый на электроимпульсном станке путем изменения режима (по току, частоте импульсов), но без перестановки детали и инструмента, пространственные отклонения $\rho_a = 0$; в ряде случаев при работе на чистовых режимах на высокой частоте следования импульсов дефектный слой практически отсутствует ($T_a = 0$), возможны случаи, когда слой с измененной структурой не ухудшает качество поверхности изделия и его не требуется удалять; в этих случаях T_a исключают из формулы.

Содержание работы

Установить влияние на шероховатость поверхности и точность обработки:

- режимов обработки;
- улучшения циркуляции жидкости в межэлектродном пространстве;
- материала электрода-инструмента;
- глубины обработанного отверстия;
- площади обрабатываемой поверхности.

Оборудование, инструмент, приспособления

Станок модели 4Б723М; электроды-инструменты четырех различных диаметров, четыре различных материала; образцы из следующих материалов: магнитный сплав, твердый сплав, закаленная сталь; приспособления для крепления образцов, электродов-инструментов и прокачки рабочей жидкости; прибор для измерения шероховатости, глубиномер, нутромер (по диаметру выбранных электродов-инструментов), секундомер, прибор ИЧ-7 для замера частоты следования импульсов.

Отчет о работе

Отчет должен содержать:

- цель и краткое описание работы и оборудования;
- расчеты и обоснование выбора режимов;
- данные эксперимента, занесенные в таблицу;
- расчеты, выполненные по обработке данных экспериментов;
- выводы.

Пример оформления операционной карты

Операционная карта		Вставка		Литера		Кол-во обработ. детали								
Наименование операции		Наименование материала		Масса детали		Твердость								
	Электророзионная обработка рабочей полости ковочного штампа для рым-болта	Сталь 5ХНМ		2,1 кг		HRC 52...54								
Рабочая среда(код наименования)	Керосин осветительный	Оборудование (наименование, модель) Электророзионный станок 4БТ23М. Генератор ШГИ-125		7680-0024		ПСБ для электророзионной обр.								
	Машинное масло													
Содержание перехода		Режим обработки		Площадь обработки, мм ²		Полярность, включения								
1	Закрепить электрод в ПСБ, выверить. Установить заготовку и ПСБ на станке, выверить	Измерительный	Инструмент (код, наименование)	Сила тока, А	$f_{эл.имп}$, кГц	Скважность q	$U_{раб}$, В	Блоки, каналы	Глуб. обработки, мм	Осцилляционная	Давление прокачки	T_0 , мин		
													Рабочий	Штангенциркуль
2	Провести предварительное прожигание на глубину до полного контакта по всей площади	Графитовый электрод-инструмент	Штангенциркуль, Глубиномер	150	130-150	22	6	60-90	2-2 2-2	1270	4,5	Прямая	-	25
3	Выжечь основную массу металла в полости рым-болта, оставляя припуск 0,5	Графитовый электрод-инструмент	Штангенциркуль, Глубиномер	150	130-150	22	6	60-90	2-2 2-2	1270	4,5	Прямая	-	25

Окончание приложения

Содержание пер- хода	Инструмент	Код, наименование	Режим обработки					Блоки, каналы	Пло- щадь обра- ботки, мм ²	Глуби- на обра- ботки, мм	Поляр- ность включения	Ос- цилля- ция	Дав- ле- ние про- кач- ки	Т _о , мин
			U _{к. хэ} В	Сила тока, А	f _{эл. имп} , кГц	Скваж- ность q	U _{раб} , В							
4	Графито- вый электрод- инструмент	Штангенциркуль, Глубиномер	150	8-10	100	6	40-60	1-3 2-2	1270	0,5	прям	0,02	-	36
5	Снять деталь и ПСБ со станка. Провести контроль													

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Лабораторная работа № 1. Электроискровая обработка труднообрабатываемых материалов.....	3
2. Лабораторная работа № 2. Исследование процесса лазерного упрочнения деталей.....	10
3. Лабораторная работа № 3. Ультразвуковая размерная обработка деталей	17
4. Лабораторная работа № 4. Исследование процесса алмазно-эрозионного шлифования с применением метода планирования эксперимента	27
5. Лабораторная работа № 5. Изучение процесса электрохимической размерной обработки.....	33
6. Лабораторная работа № 6. Исследование процесса анодно-абразивной обработки	41
7. Лабораторная работа № 7. Электроимпульсная обработка ковочных штампов	48
8. Лабораторная работа № 8. Исследование влияния режимов электроимпульсной обработки на шероховатость поверхности и точность обработки	56
Приложение	71

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ»

Составители

ГУСЕВ Владимир Григорьевич
ЖАРКОВ Николай Владимирович

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор В.В. Морозов

Подписано в печать 18.05.07.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 4,42. Тираж 200 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.