

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

Э. И. Дмитриченко, Г. В. Петришин

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СПОСОБОВ
ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»**

Гомель 2009

УДК 621.791.92(075.8)
ББК 30.61я73
Д53

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 26.11.2007 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Обработка материалов давлением»
ГГТУ им. П. О. Сухого *Ю. Л. Бобарикин*

Дмитриченко, Э. И.
Д53

Технология и оборудование магнитно-электрических способов обработки материалов : лаборатор. практикум по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / Э. И. Дмитриченко, Г. В. Петришин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 32 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены методы расчета оптимальных режимов резания при магнитно-электрическом шлифовании, магнитных параметров в зоне шлифования. Приведены принципиальные схемы лабораторных установок, указаны цели и порядок выполнения работ.

Для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения».

УДК 621.791.92(075.8)
ББК 30.61я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Вся история техники характеризуется не только непрерывным созданием все более совершенных машин и аппаратов, но и развитием технологии их изготовления, в том числе методов размерной обработки материалов. При этом по мере прогресса постоянно улучшаются, с одной стороны, эксплуатационные свойства материалов - прочность, твердость, ударная вязкость, жаропрочность, коррозионная стойкость и др., а с другой стороны, повышается производительность и экономичность процессов обработки.

Известно множество способов размерной обработки, которые по виду энергии, используемой для формообразования, подразделяют на механические, электрические, тепловые и химические методы. При производстве деталей, главным образом, прибегают к механической обработке. Область применения появившихся в сороковые годы XX столетия электрических методов непрерывно расширяется, и в настоящее время они занимают важное место в технологии машиностроения.

В мировой практике накоплен богатейший опыт по обработке с использованием электрической и магнитной энергии при помощи абразивных токопроводящих инструментов. В последние годы высокими темпами растут производство и потребление алмазно-абразивных, из карбида кремния, электрокорунда и др. шлифовальных и отрезных кругов, роликов, хонов, сверл, брусков на металлических связках.

Из существующих методов обработки алмазно-абразивным инструментом на металлической связке можно выделить два наиболее эффективных: электроэрозионный (бесконтактный) и пластического деформирования. Однако, несмотря на отдельные высокие технологические показатели, данные методы по ряду эксплуатационных характеристик не удовлетворяют таким требованиям производства, как универсальность, экономичность, надежность, простота и доступность. В связи с этим необходим метод, который бы в большей степени удовлетворял указанным требованиям и обеспечивал высокие точность, качество и производительность.

Теоретические и экспериментальные исследования, опыт промышленного применения позволяют достаточно обоснованно считать именно таким методом контактно-эрозионный. В основе метода лежат новые физические закономерности, сочетающие процесс абразивного микрорезания и электроэрозионные явления. Особенностью является то, что процесс может быть реализован при контактном взаимодействии только абразивного инструмента с металлом. При этом основные технологические

показатели процесса непосредственно зависят от характеристик самого обрабатываемого инструмента и выходных параметров источника тока. Простота реализации нового метода сочетается со сложными электрофизическими и контактными явлениями в зоне обработки, поэтому для овладения методом необходимо изучение протекаемых явлений.

Области применения технологии и оборудования магнитно-электрических способов (МЭС) обработки материалов расширяются с каждым годом. На заводах и предприятиях количество установок МЭС обработки возрастает. Все это требует изучения процессов МЭС обработки и, в частности, такого основного технологического показателя, как качество обрабатываемой поверхности. Для современного машиностроения характерно постоянное повышение требований к точности обработки и качеству поверхности деталей машин и механизмов. При этом качество и долговечность выпускаемой продукции неразрывно связано с применением новых, более прогрессивных методов обработки и существенно зависят от условий выполнения финишных операций. Одним из комбинированных методов МЭС является магнитно-электрическое шлифование (МЭШ), которое применяется в лабораторной работе.

Лабораторная работа №1

Определение оптимальных режимов резания при магнитно-электрическом шлифовании

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомить студентов с методикой оптимизации режимов обработки при магнитно-электрическом шлифовании по новой технологии. Предлагаемая методика принципиально отличается от методики определения режимов по справочнику и аналитическим способом тем, что она предусматривает выбор оптимальных режимов на основе прямого поиска с помощью процедур покоординатной оптимизации и наискорейшего спуска.

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Магнитно-электрическое шлифование (МЭШ), заключающееся в совокупном воздействии технологического тока, магнитного поля и механического шлифования на обрабатываемую поверхность, относится к прогрессивным высокопроизводительным технологиям и применяется для обработки токопроводящих поверхностей деталей машин. Эффективность МЭШ зависит от технологических режимов процесса: технологического тока - I , А; магнитной индукции B , Тл;

глубины - H , шлифования мм; скорости V , м/с; подачи S , мм/с, которые определяют выходные параметры процесса - производительность Q , мм³/с и шероховатость R_a , мкм.

При обработке поверхностей деталей машин по чертежу требуется достичь определенной величины шероховатости, но неизвестна производительность, а зачастую припуск или величина снимаемого слоя, особенно на финишных операциях. Поэтому методика определения оптимальных режимов процесса МЭШ заключается в нахождении максимальной производительности шлифования при условии, что шероховатость обработанной поверхности не превышает предельно допустимой по чертежу.

Предлагаемая методика проектирования оптимальных режимов МЭШ использует в качестве исходных данных регрессионные зависимости производительности и шероховатости, построенные на основе экспериментальных исследований процесса. При этом получены следующие зависимости:

$$Q = 360 + 95I\beta - 23S/I\beta + 11I\beta/S^2VH^3 - 31HS + 5I^2\beta^2/H^2S^3 \quad (1.1)$$

$$R_a = 0,474 + 0,206I^2\beta V - 0,307I\beta/VH + 0,16I^3/VS + 0,66\beta S^{0,5}/H^{0,5} \quad (1.2)$$

Уравнение (1.1) и (1.2) адекватно описывают исследованный процесс шлифования и позволяют определить искомые режимы МЭШ с помощью методов оптимизации.

Программой на ЭВМ предусмотрено построение линий уровня выходных параметров варьируемых режимов шлифования по полученным зависимостям. На рисунке 1.1 представлен результат применения процедуры прямого поиска для нахождения областей, в которых ограничены значения производительности. Видно, что в пространстве технологических режимов имеются три изолированных друг от друга области, что соответствует различным механизмам протекания физического процесса МЭШ. Область производительности 20...21,7 мм³/с соответствует шлифованию, близкому к традиционному, где наибольшее влияние оказывают кинематические режимы МЭШ. В области наивысшей производительности 27...31,7 мм³/с преобладающее влияние имеют электромагнитные режимы. На обрабатываемой поверхности под действием технологического тока расплавляются микронеровности, и продукты эрозии интенсивно выносятся направленным магнитным полем.

Рисунок 1.2 иллюстрирует сечения областей производительности и изолиний постоянной шероховатости в этих областях.

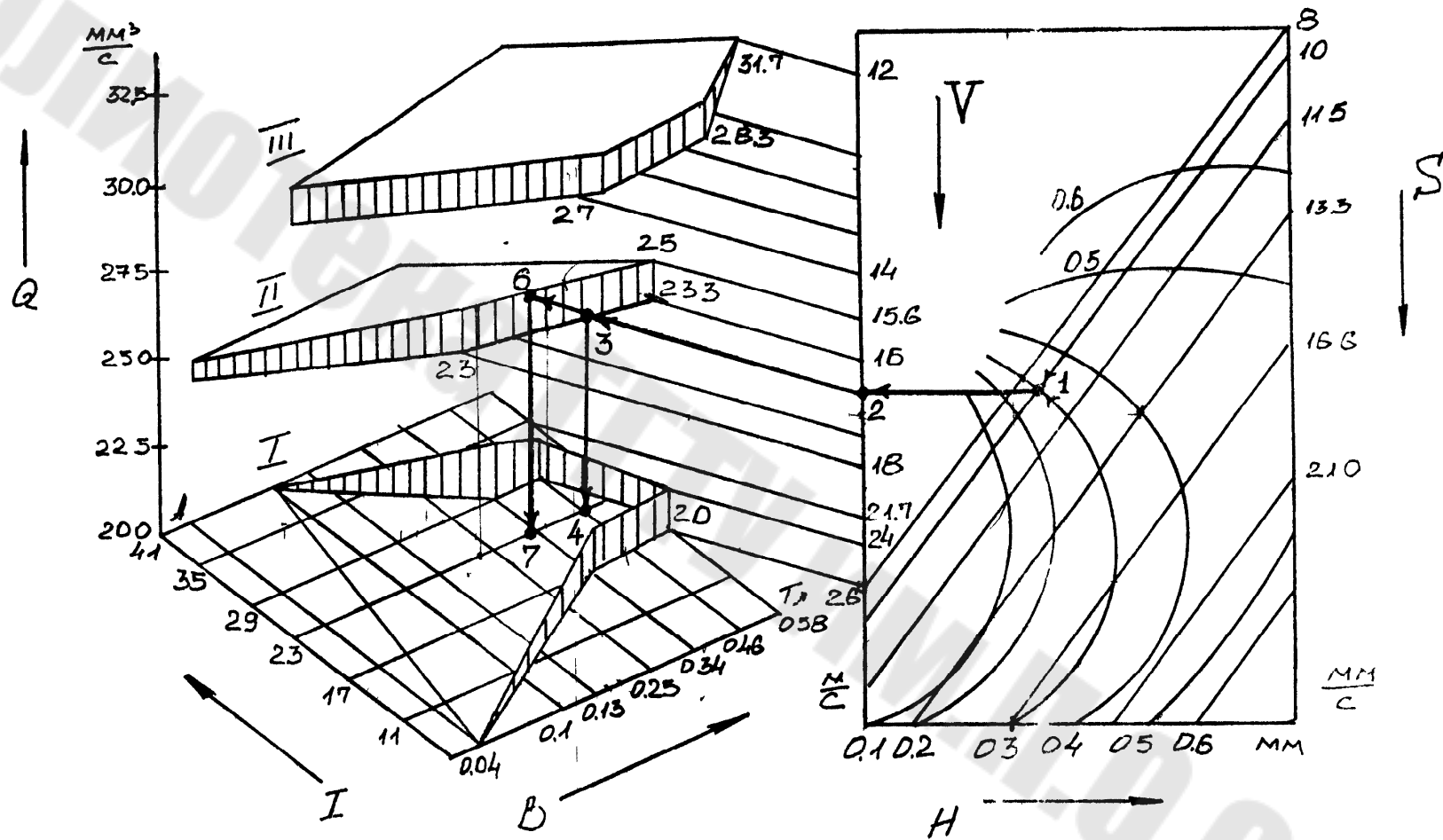


Рис.1.1 Номограмма для определения производительности процесса и электромагнитных параметров.

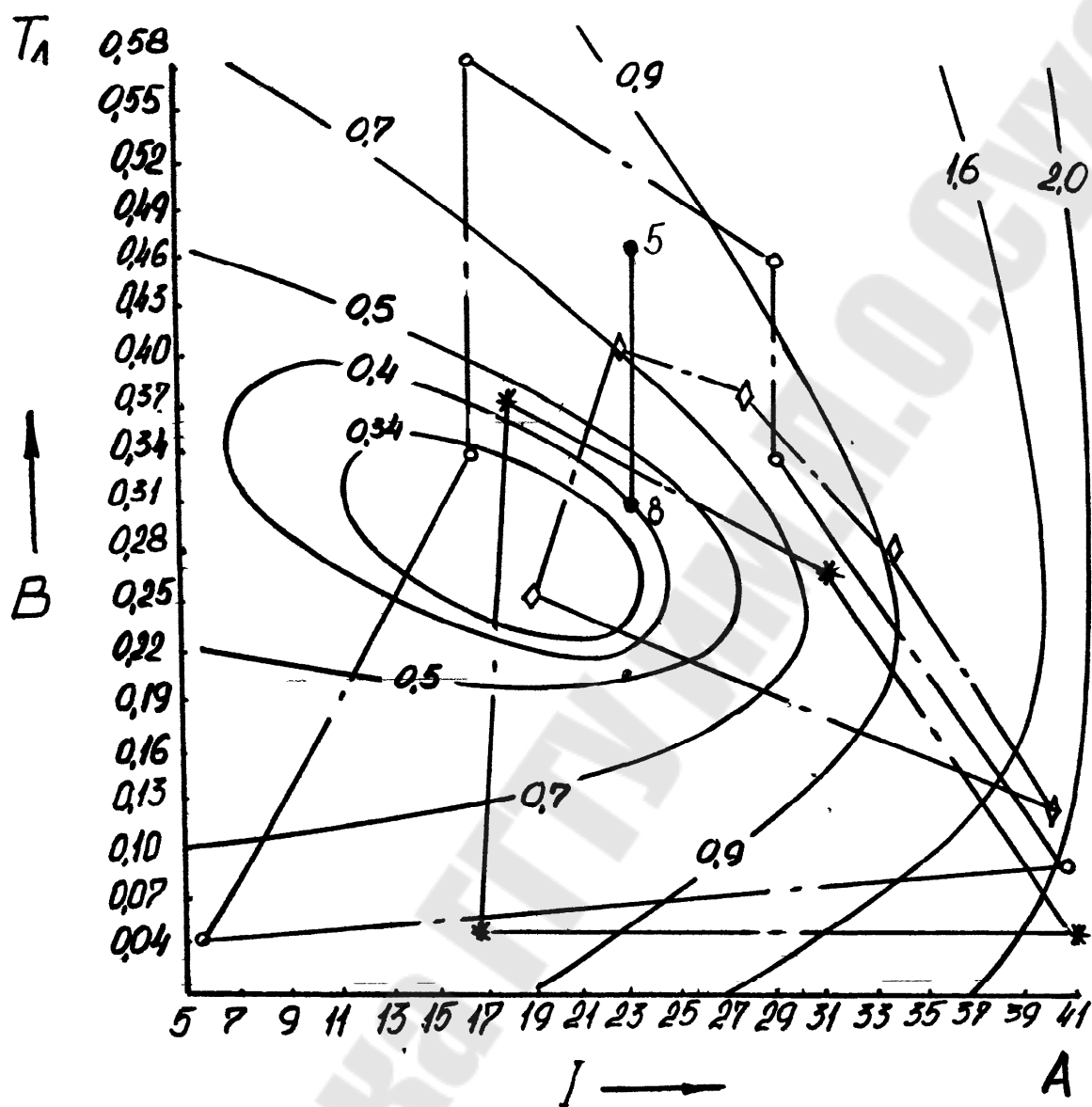


Рисунок 1.2 - Процессы движения к оптимальной точке с помощью процедур покоординатной оптимизации и наискорейшего спуска.

- 0,5 — изолинии постоянной шероховатости
- 0-1 — область производительности
- *-II — область производительности
- ◇-III — область производительности
- — линии сечения областей производительности

2 ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ

При шлифовании детали нож двусторонний МИМ - 300.01.004 шероховатость торцевой поверхности по чертежу должна быть не более $R_a=0,4$ мкм. При этом снимаемый слой материала (припуск под шлифование) составляет 0,3 мм. Устанавливаем рекомендуемые табличными методами подачу $S=10$ мм/с и глубину шлифования $H=0,3$ мм. На номограмме (рисунок 1.1) проводим условно линии режимов подачи и глубины до их пересечения (точка 1), а затем прикладываем линейку горизонтально до пересечения с ординатой скорости шлифования V (стрелками показан пример решения частной задачи). На линии выбираем скорость $V=16,5$ м/с (точка 2) и проводим от нее параллельно линиям скоростей прямую до пересечения со второй областью производительности 23,0...25,0 мм³/с (точка 3). При помощи линейки опускаем прямую на координатную сетку I-B и находим точку 4 пересечения технологического тока $I=23$ А и магнитной индукции $B=0,46$ Тл.

По рисунку 1.2 на пересечении этих значений по координатам I-B находим точку 5, которая соответствует изолинии шероховатости $R_a=0,76$ мкм и сечению производительности $Q=20,0...21,7$ мм³/с, что не соответствует требованиям чертежа. Возвращается к исходной точке 3, т.к. кинематические режимы V , H и S установлены на оборудовании, изменять можно электромагнитные параметры. Продолжим движение точки 3 внутрь области II производительности и определяем точку 6. Находим точку 7 пересечения на координатной сетке I-B, которая соответствует $I=23$ А, $B=0,31$ Тл. Методом наискорейшего спуска проводим линию во вторую область (точка 7) до пересечения с изолинией шероховатости $R_a=0,4$ мкм. Определяем оптимальные электромагнитные параметры по координатам I-B, что соответствует режимам $I=23$ А, $B=0,31$ Тл и устанавливаем их на пульте управления оборудованием. Задача может решаться в обратном направлении при технических возможностях оборудования установить кинематические режимы по заданным требованиям чертежа.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Преподаватель выдает чертежи различных деталей каждому студенту для шлифования поверхностей с необходимыми техническими требованиями и шероховатостью обработки.

2. Задает необходимые кинематические режимы: подача S (8;10;11,5;13,3;16,6 мм/с); глубина шлифования H (0,1;0,2;0,3;0,4;0,6мм).

3. По номограмме и по координатной процедуре оптимизации студент определяет электромагнитные параметры процесса МЭШ.

4. Результаты заносятся в таблицу режимов резания. Делаются выводы по работе.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Технологические режимы, участвующие в процессе обработки при МЭШ.

2. Режимы, оказывающие наибольшее значение на выходные параметры процесса.

3. Энергии, которые реализуются в процессе МЭШ.

4. Поверхности обрабатываемые МЭШ.

5. Процедуры оптимизации, задействованные в работе.

6. Различия областей производительности.

7. Факторы, оказывающие влияние на I область производительности.

8. Влияние кинематических и электромагнитных режимов на производительность.

9. Влияния сил в III области наивысшей производительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А.Г. , Дмитриченко Э.И. Метод построения на ЭВМ оптимальной регрессионной модели производительности процесса шлифования. Известия ВУЗов. Машиностроение, 1988, №12, с. 135-140.

2. Воробьев А.Г. , Дмитриченко Э.И. Автоматизированная оптимизация технологических режимов шлифования. Известия ВУЗов. Машиностроение, 1988, №12, с. 130-134.

3. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. - Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1986. - 176 с.

4. Коновалов Е.Г. , Шулев Г.С. Чистовая обработка деталей в магнитном поле ферромагнитными порошками. - Мн.: Наука и техника, 1967. -132 с.

5. Артамонов Б.А. , Волков Ю.С. и др. Электрофизические и электро-химические методы обработки материалов. Т. I и II) Под редакцией Смоленцева В.П. - М.: Высшая школа, 1983.

6. Ящерицын П.И. . Забавский М.Т. и др. Алмазно-абразивная обработка и управление изделий в магнитном поле. - Мн.: Наука и техника, 1988. -272 с.

Лабораторная работа № 2 Расчет магнитных параметров в зоне шлифования

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ:

Целью запланированных работ является освоение студентами методов исследования качества поверхности после МЭШ.

Для достижения поставленной цели студент обязан:

- углубленно изучить физику процесса МЭШ;
- изучить влияние каждого технологического фактора на качество получаемой поверхности деталей машин;
- провести анализ полученных результатов при проведении технологических экспериментов;
- иметь навыки выполнения расчетов с использованием ЭВМ;
- определить оптимальные режимы шлифования для различных материалов.

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К электрофизическим относятся методы обработки, заключающиеся в изменении формы, размеров и шероховатости поверхности заготовки с применением электрических разрядов, магнитострикционного эффекта, электронного излучения, плазменной струей.

Данные методы обеспечивают возможность обработки токопроводящих материалов любых прочности, твердости, вязкости и хрупкости. Производительность обработки закаленных сталей достигает 10000...12000 мм³/мин и может быть увеличена при повышении мощности станков и источников энергий.

Применяют два способа включения электродов: при прямой полярности электрод-инструмент (ЭИ) - катод, заготовка-анод; при обратной полярности ЭИ - анод, заготовка - катод. Выбор полярности обусловлен необходимостью получения высокого съема материала и наименьшего изнашивания ЭИ, от которого в значительной степени зависит точность обработки.

1.1 Основные особенности МЭШ

Сущность способа состоит в том, что токопроводящий абразивный инструмент и деталь подключают к полюсам источника технологического тока, на зону шлифования накладывают магнитное поле, замыкают электрическую цепь, а процесс обработки производят в жидкой среде или воздухе.

МЭШ объединяет в себе два процесса, заметно отличающихся по физической природе: процесс массового скоростного микрорезания поверхностного слоя детали и процесс контактно-эрозионных явлений, протекающих под воздействием внешнего магнитного поля.

При МЭШ электрические разряды и магнитное поле воздействуют не только на стружку и связку инструмента, но и на материал поверхности обрабатываемой детали. Это и определяет, в основном, специфику микрогеометрических параметров поверхности обрабатываемой детали.

Множество факторов и различный результат их взаимодействий обуславливает необходимость детального исследования качества и свойства поверхностей, обработанных МЭШ.

Микрорельеф обработанной поверхности при МЭШ получается совместным воздействием зерен шлифовального круга, разрядов технологического тока и магнитной индукции. При прямом воздействии разрядов технологического тока на обработанной поверхности остаются следы эрозионных лунок и канавок, и в результате расплавления тонкого поверхностного слоя происходит выброс расплава под действием магнитного поля или его растекание по поверхности. Абразивные зерна инструмента обуславливают типичный рельеф поверхностного слоя детали при шлифовании. В зависимости от того, какой фактор преобладает для данных условий обработки, будут соответственно изменяться шероховатость и свойства поверхности детали.

С увеличением технологического тока в межэлектродном промежутке реализуется большая энергия, расплавляющая все большие объемы стружки и поверхностного слоя детали. При этом на расплав, по которому протекает ток, действует магнитное поле и растягивает его по поверхности детали или заполняет образовавшиеся углубления от зерен абразива токопроводящего круга. При дальнейшем увеличении тока возрастает количество расплава и часть его магнитодвижущей силой вырывается и выносится за пределы зоны шлифования, что приводит к увеличению шероховатости из-за образования лунок и вырывов на поверхности детали. Более сильная магнитная индукция взаимодействует не только с расплавом, но и с пластичным материалом при большом значении технологического тока. Взаимодействие сил и скоростей при МЭШ показано на рисунке 2.1.

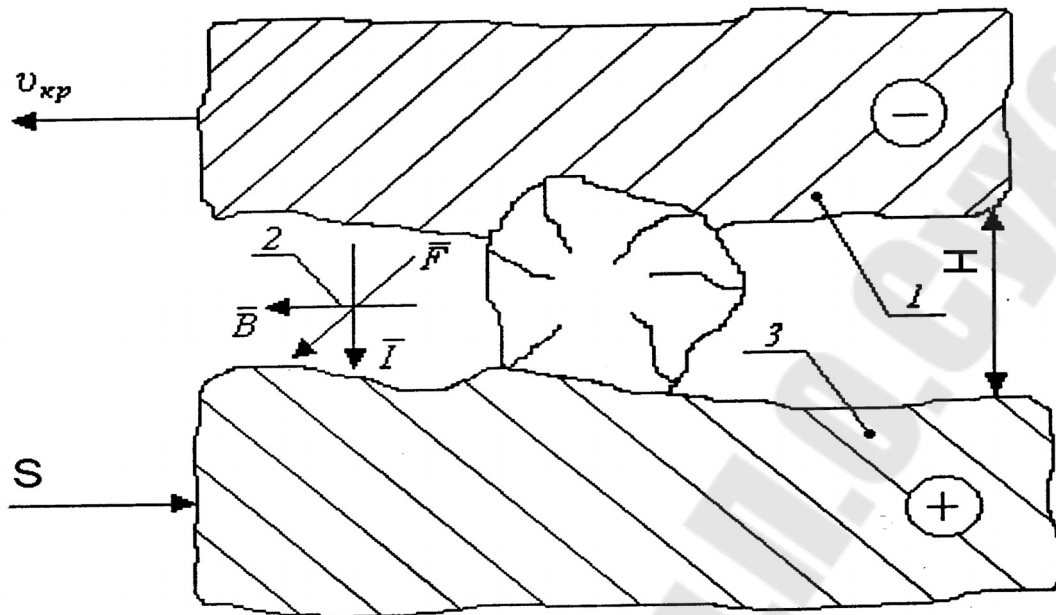


Рисунок 2.1 - Схема распределения сил и скоростей при наложении внешнего магнитного поля:

- 1 - токопроводящий шлифовальный круг; 2 - вектора сил;
- 3 - обрабатываемая деталь.

1.2 Обработка деталей при МЭШ

Для обеспечения стабильного протекания процесса МЭШ токопроводящий шлифовальный круг 7 непрерывно осуществляет вращательное движение вдоль оси и при необходимости врезное шлифование (показано стрелками), а деталь 10 перемещается по осевой линии, а также производится вращение и подача круга, а деталь совершает возвратно-поступательные движения.

Принципиальная схема процесса МЭШ показана на рисунке 2.2

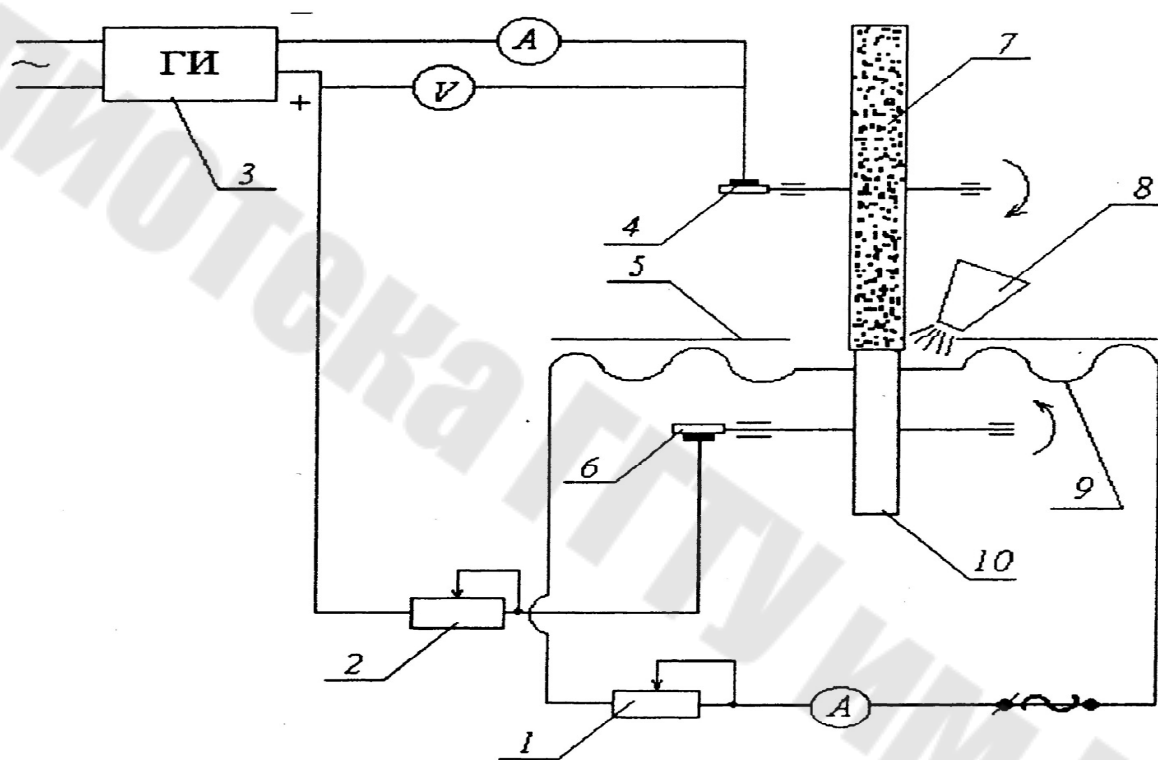


Рисунок 2.2 - Принципиальная схема МЭШ:
 1,2 -резисторы; 3- генератор импульсов;
 4,6 - скользящие контакты; 5-магнитопровод;
 7- токопроводящий шлифовальный круг;
 8- патрубок подвода СОЖ; 9 -катушки
 индуктивности; 10 - обрабатываемая деталь

При контакте зерна с поверхностью образца происходит пластическое отеснение металла или образуется стружка. В результате происходит замыкание электрической цепи взаимно изолированных круга и детали.

Тепловые, электрические и диффузионные процессы в металле могут математически рассматриваться как потоки энергии. Для МЭШ особое значение имеют некоторые характерные поточные дифференциальные уравнения Максвелла. Одно из них определяет электрическое поле в металле [1].

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial^2 E}{\partial x^2}, \quad (2.1)$$

Второе - магнитное поле

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial^2 B}{\partial x^2}, \quad (2.2)$$

где E - электрический потенциал;

t - время;

ρ - удельное сопротивление;

μ - магнитная проницаемость;

x - координата;

B - магнитная индукция.

Следует отметить, что электрический ток не может существовать без магнитного поля, которое сжимает линии протекающего по проводнику электрического тока. При малом сечении проводника, которым является стружка, распространение тока ограничивается габаритными размерами проводника. Если ток проходит в другой среде: газовой или жидкостной, то магнитное поле не позволяет растекаться линиям электрического тока на значительное расстояние, что определяет существование канала разряда. Математическое описание этого процесса можно рассмотреть на следующем примере. Уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad (2.3)$$

где α - температуропроводность,

и уравнение магнитного поля отличаются друг от друга только физическими константами и природой функций B и T . В остальном они формально математически полностью подобны. При рассмотре-

нии модели потоков Q и I по проводнику ограниченного размера движения их подобны (рисунок 2.3). Однако, как только эти потоки вступают в пространство BC , т.е. в металлическую пластину, электрический ток выходит из этой пластины в область CD таким же по величине, каким он вошел в нее, какими бы искривления ни претерпевал внутри пластины.

Тепловой поток теряет в пластине значительную долю своего потенциала и выходит из пластины значительно ослабленным. Это свидетельствует о том, что тепловой поток внутри пластины не сжимается никакими силами, а электрический ток сжат магнитным полем. При протекании разряда во время шлифования внутренний магнитный поток, при напряженности поля $H_B = H/2 = 1/4 \pi r$ определится следующим образом:

$$\Phi_B = \mu I \Delta / 4 \pi \quad (2.4)$$

Плотность потока электромагнитного поля изменяется с глубиной проникновения тока. Эквивалентная глубина проникновения тока [2].

$$\Delta = \frac{1}{K} \sqrt{2 / \omega \mu_0 \mu \gamma} = 503 \sqrt{\rho / \mu f}, \quad (2.5)$$

где ρ - удельное электрическое сопротивление проводника;

μ - относительная магнитная проницаемость;

f - частота.

Наложение внешнего магнитного поля при $H_n = I / \pi x$

Тогда внешний поток

$$\Phi_n = \int_{r_2}^{r_1} B_n dx = \int_{r_2}^{r_1} \mu H_n dx \Delta = \frac{\mu I \Delta}{2\pi} \operatorname{Ln} \frac{r_1}{r_2}, \quad (2.6)$$

где r_1, r_2 - больший и меньший радиусы проводника соответственно. Суммарный поток

$$\Phi = \Phi_B + \Phi_n = \frac{\mu I \Delta}{4\pi} + \frac{\mu I \Delta}{2\pi} \operatorname{Ln} \frac{r_1}{r_2} = \frac{\mu I \Delta}{2\pi} \left(\operatorname{Ln} \frac{r_1}{r_2} + 0.5 \right) \quad (2.7)$$

При изменении магнитного потока, пронизывающего проводник, в нем индуцируется напряжение. Значит, суммарный поток создает индуктивную противоэлектродвижущую силу.

$$\Phi = \Phi_B + \Phi_n = \frac{\mu I \Delta}{4\pi} + \frac{\mu I \Delta}{2\pi} \operatorname{Ln} \frac{r_1}{r_2} = \frac{\mu I \Delta}{2\pi} \left(\operatorname{Ln} \frac{r_1}{r_2} + 0.5 \right) \quad (2.8)$$

При изменении магнитного потока, пронизывающего проводник, в нем индуцируется напряжение. Значит, суммарный поток соз-

дает индуктивную противоэлектродвижущую силу.

$$U = \frac{d\phi}{dt} = \frac{I\mu\Delta f}{2\pi} \left(Ln \frac{r_1}{r_{21}} + 0.5 \right) \quad (2.9)$$

Таблица 2.1 - Режимы магнитно-электрического шлифования и их диапазоны.

Наименование режима	Параметры					
	П.	а	б	в	г	д
Технологический ток, А	1	11...15	8...10	16...20	3...7	21...30
Магнитная индукция, Тл	2	0,19...0,3	0,09...0,18	0,31...0,42	0,02...0,08	0,43...0,58
Окружная скорость, м/с	3	12...15	8...11	16...24	3...7	25...30
Глубина шлифования, мм	4	0,1...0,2	0,05...0,09	0,3...0,4	0,01...0,04	0,5...0,6
Величина продольной подачи, мм/с	5	13...15	10...12	16...22	6...9	23...25

Таблица 2.2 - Определение обрабатываемого материала заготовки

Номер режима и параметры	Материал заготовки
1 - а, 2 - б, 3 - в, 4 - г, 5 - д	сталь 50
1 - а, 2 - а, 3 - а, 4 - б, 5 - б	10ХСНД
1 - а, 2 - в, 3 - а, 4 - в, 5 - а	45Х
1 - а, 2 - г, 3 - а, 4 - а, 5 - а	20Н2М
1 - б, 2 - а, 3 - а, 4 - г, 5 - д	дуралюминий Д16
1 - б, 2 - в, 3 - в, 4 - а, 5 - в	20ХГР
1 - б, 2 - а, 3 - г, 4 - в, 5 - г	ХН77ТЮР
1 - б, 2 - в, 3 - а, 4 - а, 5 - в	20ХН
1 - в, 2 - б, 3 - б, 4 - б, 5 - в	чугунСЧ15
1 - в, 2 - в, 3 - б, 4 - д, 5 - а	сталь 65Г

1 - в, 2 - б, 3 - а, 4 - в, 5 - б	ЗОХГН
Окончание табл. 2.2	
1 - в, 2 - в, 3 - в, 4 - б, 5 -	40ХН2МА
1 - г, 2 - в, 3 - а, 4 - а, 5 - г	12Х18Н10Т
1 - г, 2 - а, 3 - г, 4 - г, 5 - в	38Х2МЮА
1 - г, 2 - б, 3 - д, 4 - г, 5 -	алюминий АД31
1 - г, 2 - а, 3 - в, 4 - б, 5 - г	алюминий АЛ4
1 - д, 2 - в, 3 - б, 4 - в, 5 -	сталь У8
1 - д, 2 - а, 3 - в, 4 - г, 5 - а	ВК6
1 - д, 2 - в, 3 - в, 4 - г, 5 -	Т15К6
1 - д, 2 - в, 3 - а, 4 - а, 5 -	50ХГА
1 - в, 2 - б, 3 - г, 4 - в, 5 -	ВТ10
1 - в, 2 - в, 3 - д, 4 - а, 5 -	ШХ15
1 - в, 2 - д, 3 - в, 4 - д, 5 -	АЗОГ
1 - в, 2 - а, 3 - а, 4 - в, 5 -	40ХФА

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Изучить физику процесса МЭШ и параметры режимов резания.
2. По оптимальным технологическим режимам шлифования (I, В, V, Н, S), полученным в предыдущей работе (часть 1), в таблице 1 определить диапазоны параметров каждого режима.
3. По таблице 2.2 определить обрабатываемый материал заготовки.
4. В справочной литературе найти механические, технологические, физические свойства обрабатываемого материала и его химический состав.
5. Рассчитать эквивалентную глубину Δ проникновения технологического тока по физическим свойствам материала.
6. Вычислить суммарный поток Φ при радиусах проводника $r_1 = 0,0005$ м и $r_2 = 0,0008$ м. Вычислить индуктивную силу U .
7. Провести анализ полученных результатов.
8. Сделать выводы по проделанной работе.

3 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность МЭШ.
2. Значение технологического тока в процессе МЭШ.
3. Значение магнитного поля в процессе МЭШ.
4. Электрофизические и кинематические параметры при МЭШ.
5. Влияние режимов на формирование поверхности обработки.
6. Почему на процесс МЭШ не оказывают влияние физико-механические свойства обрабатываемой заготовки?
7. Способы размерной обработки в формообразовании поверхностей.
8. Виды энергий, применяемые в электрофизических процессах обработки.
9. Способы подключения электродов и их влияние на процесс обработки.
10. Определение внутреннего магнитного потока при МЭШ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочергин К.А. Контактная сварка. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. - 240с.
2. Басов А.М., Быков В.Т. Электротехнология. - М.: Агропромиздат, 1985.-256с.

Лабораторная работа №3

Исследование влияния технологических факторов на величину магнитной индукции в рабочем зазоре

Цель работы: получить представление о методике измерения величины магнитной индукции, научиться практически работать датчиком Холла. Изучить принцип работы прибора, ознакомиться с эффектом Холла, на основе которого работает прибор.

1 Основные положения

В приборе для измерения магнитной индукции используется эффект Холла. Если через однородную пластину полупроводника (рисунок 1) помещенную в магнитное поле B_k перпендикулярно плоскости пластин, пропустить ток через контакты 1,3, то на контактах 2,4 возникает напряжение Холла (U_x), которое определяется по формуле:

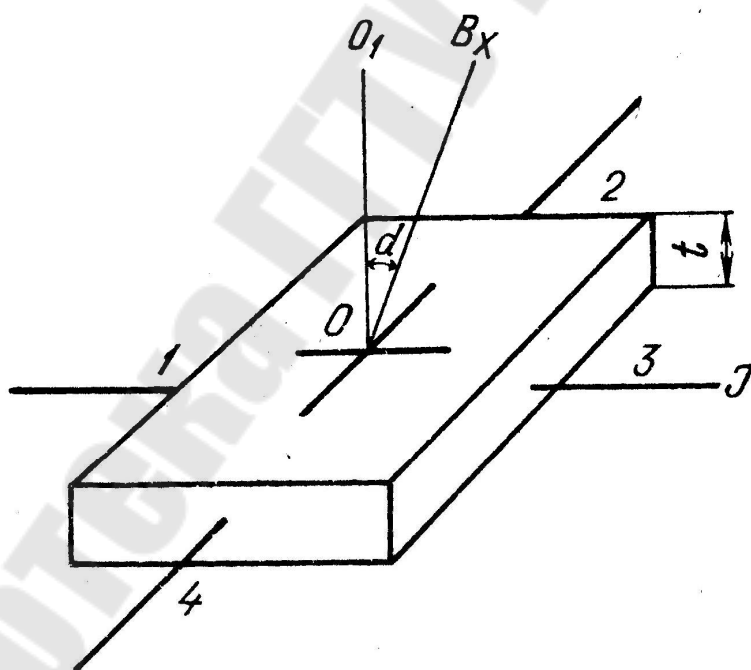
$$U_x = R \times J \times B_x \times \cos \alpha / t \quad (3.1)$$


Рисунок 3.1. - Преобразование Холла

где J - ток через пластину; R - постоянная Холла; B_x - магнитная индукция; t - толщина пластины; α - угол между вектором магнитной индукции и нормалью к пластине.

Располагая пластину в магнитном поле таким образом, чтобы $\alpha=0$ и измеряя напряжение Холла, магнитную индукцию определяют по формуле:

$$B_k = U_x \cdot \frac{t}{J \cdot R} = \frac{U_x}{J_k} \cdot K \quad (3.2)$$

где K - параметр преобразователя Холла, определяемый его материалом и размерами.

Структурная схема измерителя магнитной индукции состоит из следующих составных узлов: зонда, служащего для преобразования величины индукции магнитного поля в электрический сигнал; стабилизатора тока, предназначенного для питания преобразователя Холла; усилителя постоянного тока (УПТ), предназначенного для преобразования уровней напряжения Холла к уровням входных напряжений аналого-цифрового преобразователя т.е. к уровням не превышающим 10В; устройства автоматического выбора поддиапазона; преобразователя аналого-цифрового, для преобразования напряжения Холла в цифровой двоично-десятичный код; делителя напряжения, предназначенного для контроля калибровки УПТ; устройства индикации (УИ), предназначенного для индикации результатов измерения и полярности магнитного поля; блока питания, состоящего из стабилизатора тока преобразователя Холла, стабилизаторов напряжений для питания микросхем.

Измеряемое напряжение Холла, пропорционально измеряемой магнитной индукции, поступают на УПТ. При правильном выборе поддиапазонов измерения напряжения Холла, значение которого может быть от 10мкВ до 200мВ, на выходе УПТ приводится к напряжению со значением от 50 мВ до 10В. Напряжение с выходного усилителя УПТ, имеющее знак, соответствующий полярности магнитного поля поступает на цифровой индикатор устройства индикации. Детектор абсолютного уровня выделяет абсолютную величину, которая преобразуется ПАД в двоично-десятичный код. Поступающий на вход устройства индикации двоично-десятичный код индицируется в виде цифр на цифровом индикаторе как результат измерений.

Напряжение источника опорного напряжения находится на плате УАВП, и пропорционально току, протекающему через резистор R . Пропорциональное току преобразователя Холла напряжение ИОН, является опорным для цифро-аналогового преобразователя. При этом происходит компенсация нестабильности источника тока, т.к. изме-

нение тока преобразователя Холла приводит к изменению напряжения на резисторе R, не нарушая калибровки прибора.

Логические схемы выбора поддиапазона УАВП производят выбор коэффициента усиления УПТ при работе прибора в режиме автоматического выбора поддиапазонов. Если поддиапазон выбран правильно, то на выходе УПТ напряжение находится в пределах 1- 10В, что соответствует диапазону работы АЦП. Данные об измеряемой величине в двоично-десятичном коде подводятся к разъему ЦПУ и могут быть использованы для дальнейшей передачи или регистрации показаний.

При нажатии на кнопку «Δ» на вход УПТ поступают с делителя напряжения опорные уровни, соответствующие показаниям цифрового индикатора 20,00 (200,0 или 2000), по которым можно судить о правильной калибровке УПТ.

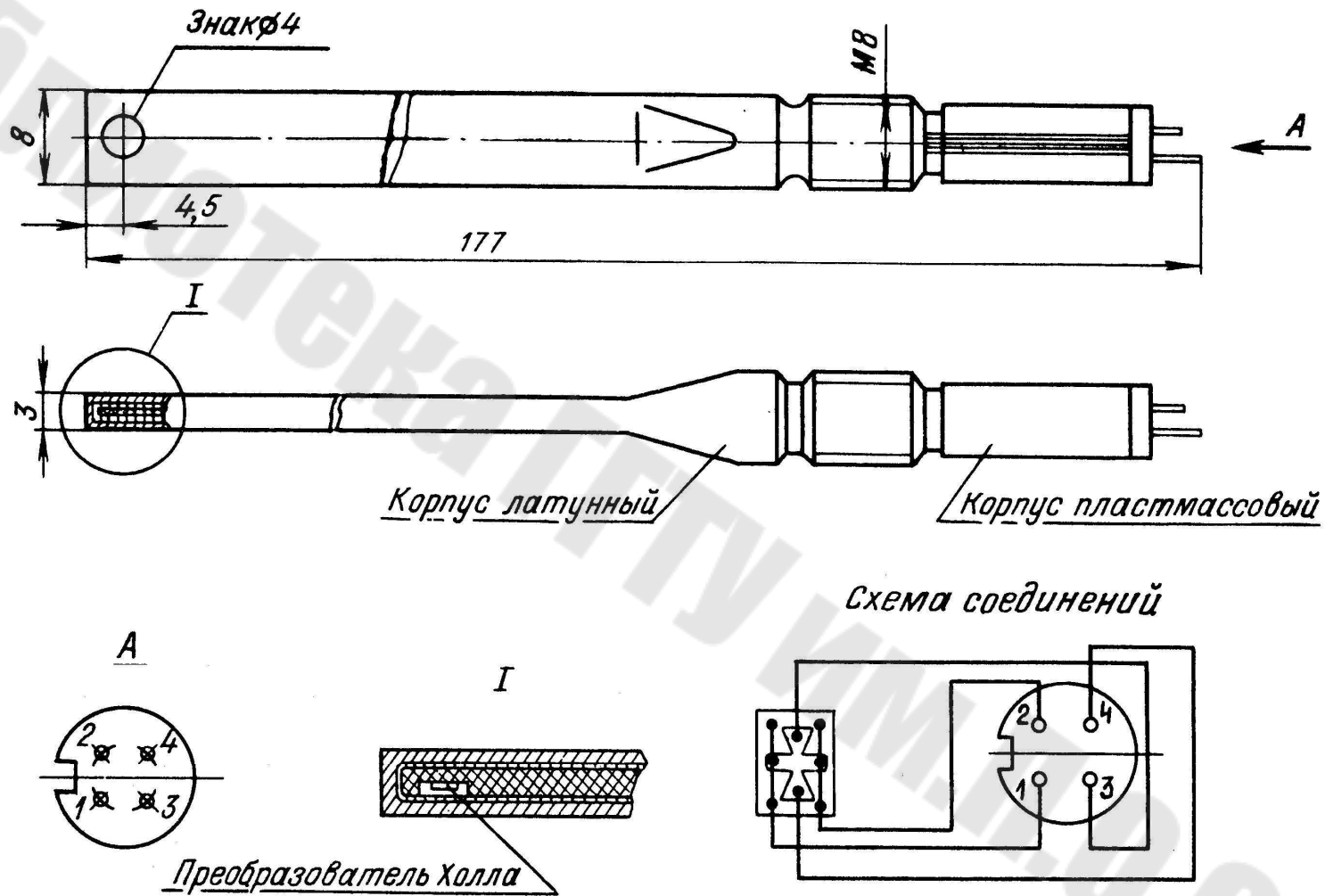


Рисунок 3.2. - Зондовая головка и схема соединения блоков в приборе:

1-2 контакты - питание преобразователя Холла

3-4 контакты - ЭДС Холла

ЭДС

Холла

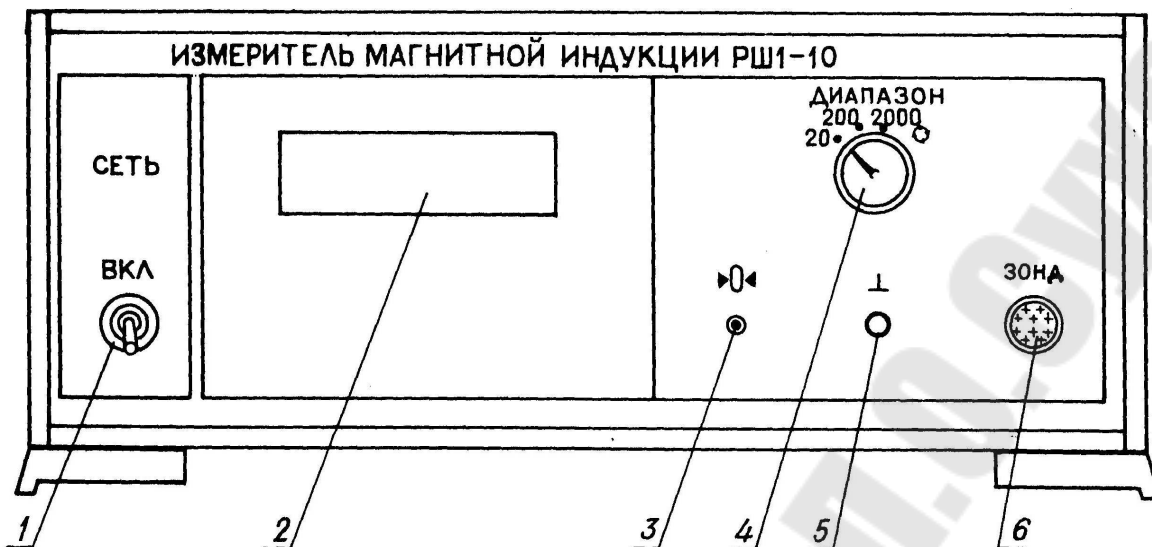


Рисунок 3.3. - Внешний вид передней панели измерителя магнитной индукции.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методику измерения величины магнитной индукции, принципы работы прибора, ознакомится с эффектом Холла.
2. Преподаватель для подгруппы студентов задает необходимые технологические факторы: величина силы тока, подаваемого от трансформатора на катушку установки $I=0...4\text{A}$ с шагом $0,5\text{A}$; величина рабочего зазора $Z=3...12\text{мм}$ с шагом 1мм .
3. Разработать методику последовательного выполнения экспериментальных исследований (определить последовательность, выбрать средства измерения, установить их величину погрешности, начертить схемы к таблице результатов измерений).
4. Произвести измерение магнитной индукции в рабочем зазоре и занести результаты измерений в таблицы.
5. Построить диаграммы зависимостей магнитной индукции от технологических факторов в трехмерных координатах.
6. Произвести анализ влияния технологических факторов на величину магнитной индукции в рабочем зазоре и сделать выводы по полученным результатам.

Таблица 3.1 - Результаты экспериментальных измерений

I, A	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Z, MM									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Контрольные вопросы

1. Назначение прибора и принцип работы.
2. Сущность эффекта Холла.
3. Диапазоны измерений и устройство датчика.
4. Основные узлы прибора измерения магнитной индукции.
5. Расположение блоков прибора.
6. Определение магнитной индукции и магнитного поля.
7. Технологические факторы, влияющие на величину магнитной индукции в рабочем зазоре.
8. Роль магнитной индукции в рабочем зазоре.

Литература

1. Технический паспорт на измеритель магнитной индукции РШ1-10.
2. Вонсовский С.В. Магнетизм. -М.: Наука., 1984. - 208с.
3. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. - 336с.

Лабораторная работа №4
Исследование полиимпульсного магнитно-электрического
упрочнения поверхности детали.

Цель работы: Путем исследования на лабораторной установке определить влияние силовых технологических режимов полиимпульсного магнитно-электрического упрочнения.

1. Основные положения

Устройство (рисунок 4.1) состоит из стола 1 станка, на котором прикреплена электроизоляционная прокладка 2 и дополнительный элемент - электромагнит с катушкой 3 и сердцевинной 4, установленный с возможностью возвратно-поступательного перемещения вдоль оси катушки 3 и подгруженный в направлении перемещения порошка 5.

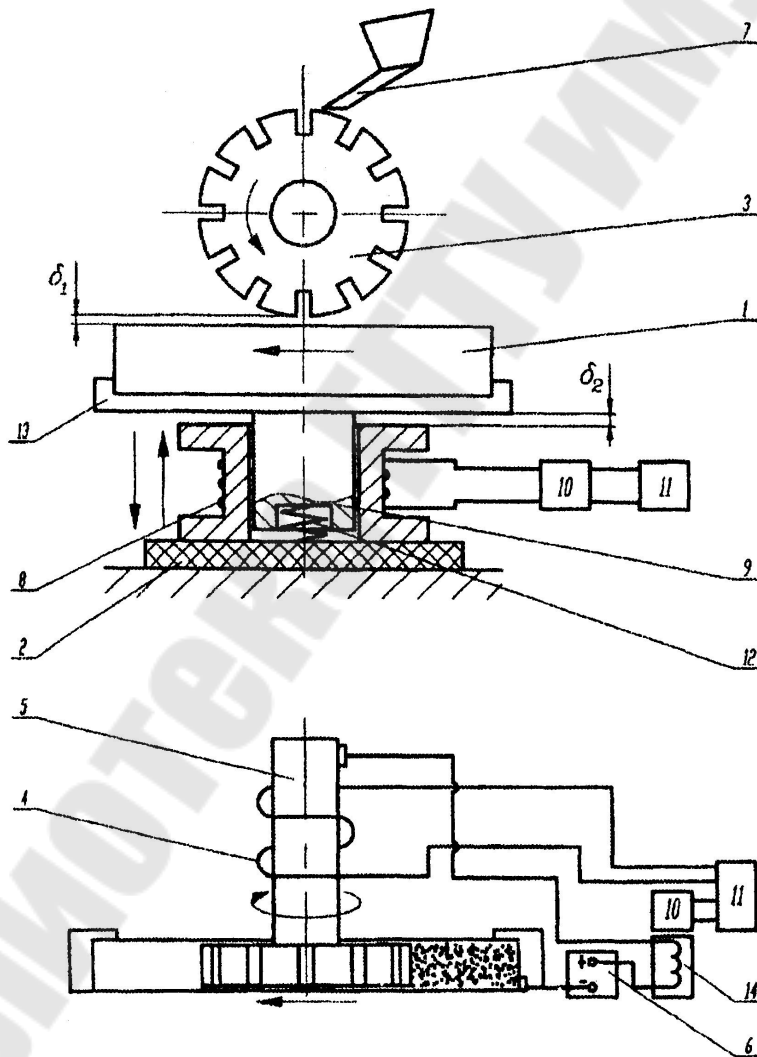


Рисунок 4.1 - Лабораторная установка для определения влияния технологических режимов а) - общий вид, б) - вид сверху.

На сердечнике 4 закреплена платформа 6, предназначенная для установки и закрепления на ней обрабатываемой детали 7.

Катушка 3 подключена к выходу блока управления рабочим зазором, подключенным к источнику питания. На оправке 10 консольно закреплен электрод-инструмент 12, выполненный в виде зубчатого колеса. Под инструментом 12 на оправке 13 установлен бункер 14 с лотком 15, предназначенный для подачи ферромагнитного порошка из бункера 14. Лоток 15 выполнен из немагнитного материала и установлен с возможностью взаимодействия с зубьями электрода-инструмента. Пружина 16 предназначена для прижима лотка 15 к электроду инструменту 12.

2 Порядок выполнения работы

1. Изучить физику процесса магнитно-электрического упрочнения и технологические параметры режимов.

2. Настроить установку на заданные режимы: технологический ток $I=10...30\text{A}$; продольная подача стола $S=60...180\text{ мм/мин}$; частота вращения ротора $n=80...160\text{ мин}^{-1}$.

3. Установить приспособление на столе универсально-фрезерного станка обрабатываемую деталь для наплавки и произвести выбор ферромагнитного порошка из таблицы.

4. Включить силовое замыкание обрабатываемой детали на магнитной плите, замерить зазор между инструментом - электродом и поверхностью наплавки при помощи щупа.

5. Определить цену деления измеряемых приборов, величину погрешности, начертить схемы и таблицы результатов измерения.

6. Включить установку и произвести наплавку рабочей поверхности детали на заданных режимах.

7. Произвести замер твердости поверхности наплавки и сравнить с твердостью исходной наплавляемой поверхности.

8. Занести полученные результаты в таблицы и сделать соответствующие выводы.

Практическая часть.

Таблица 4.1 - Режимы при упрочнении

$n, \text{ мин}^{-1}$	J, A	$S \text{ мм}^{\text{мм}}/\text{мин}$	$U_{\text{вх. В.}}$	U, В	J, A

Химический состав исходного материала Сталь 45 представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Химический состав материала Сталь 45

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cr	Ni

Механические свойства исходного материала представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Механические свойства материала Сталь 45

τ_B .МПа	δ_{k_1} %	ψ_1 %	КСУ Дж/мм ²	НВ

Контрольные вопросы

1. Сущность процесса полиимпульсного магнитно-электрического упрочнения.
2. Принцип работы лабораторной установки для полиимпульсного магнитно-электрического упрочнения.
3. Наплавочные материалы, применяемые в процессе полиимпульсного магнитно-электрического упрочнения.
4. Влияние величины рабочего зазора на силу технологического тока и толщину покрытия при полиимпульсном магнитно-электрическом упрочнении.
5. Влияние величины магнитной индукции в зазоре на толщину, твердость и сплошность покрытий.

Список рекомендуемой литературы

1. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын, М.Т. Забавский, Л.М. Кожуро, Л.М. Акулович. – Минск : Наука и техника, 1988. – 272 с.
2. Дорожкин Н.Н., Абрамович Т.М., Ярошевич В.К. Импульсные методы нанесения порошковых покрытий. – Минск: Наука и техника, 1985. – 279с.
3. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление : Пер. с яп. В.Н. Попова – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
4. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; Под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с., ил.
- Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Филонов И.П. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин. – Минск: УП «Техно-принт», 2000.-268 с.

Лабораторная работа №5

Исследование комбинированной магнитно-абразивной обработки.

Цель работы: путем экспериментального исследования на опытно-промышленной установке определить влияние основных технологических режимов магнитно-абразивного полирования.

1 Основные положения магнитно-абразивной обработки.

Основными видами магнитной комбинированной обработки, получившими практическое применение, является магнитно-абразивное шлифование (МАШ) и магнитно-абразивное полирование (МАП). Представляя собой по существу процессы механического шлифования и полирования, МАШ и МАП отличаются тем, что силовое воздействие на обрабатываемый инструмент создается за счет магнитного поля, а инструмент, состоящий из ферромагнитных абразивных зерен, приобретает требуемую форму и рабочие свойства в присутствии магнитного поля и теряет их сразу же после устранения поля.

Процессы МАШ И МАП конструктивно-технологически оформляются одинаково и отличаются лишь показателями режима обработки и характером зерен. Принципиальная схема процесса показана на рисунке 5.1, схема МАП с использованием ферромагнитного абразивного порошка на рисунке 5.2. В таблице 5.1 и на рисунке 5.1 и 5.2 приведены характеристики этих способов.

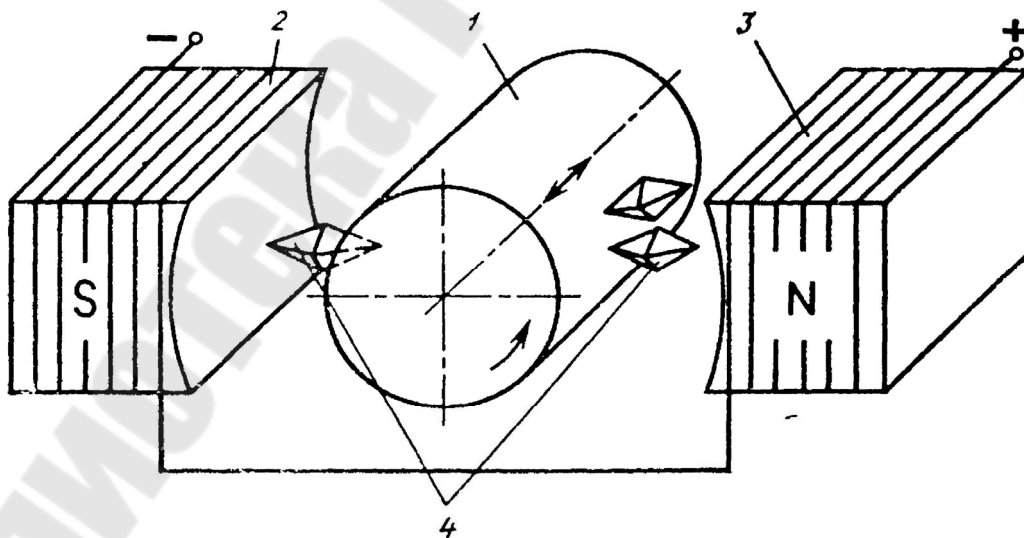


Рисунок 5.1 - Принципиальная схема процессов МАШ и МАП:
1 - обрабатываемая деталь (заготовка); 2, 3 - полюса электромагнита; 4 - магнитно-абразивное зерно (ферромагнитный порошок).

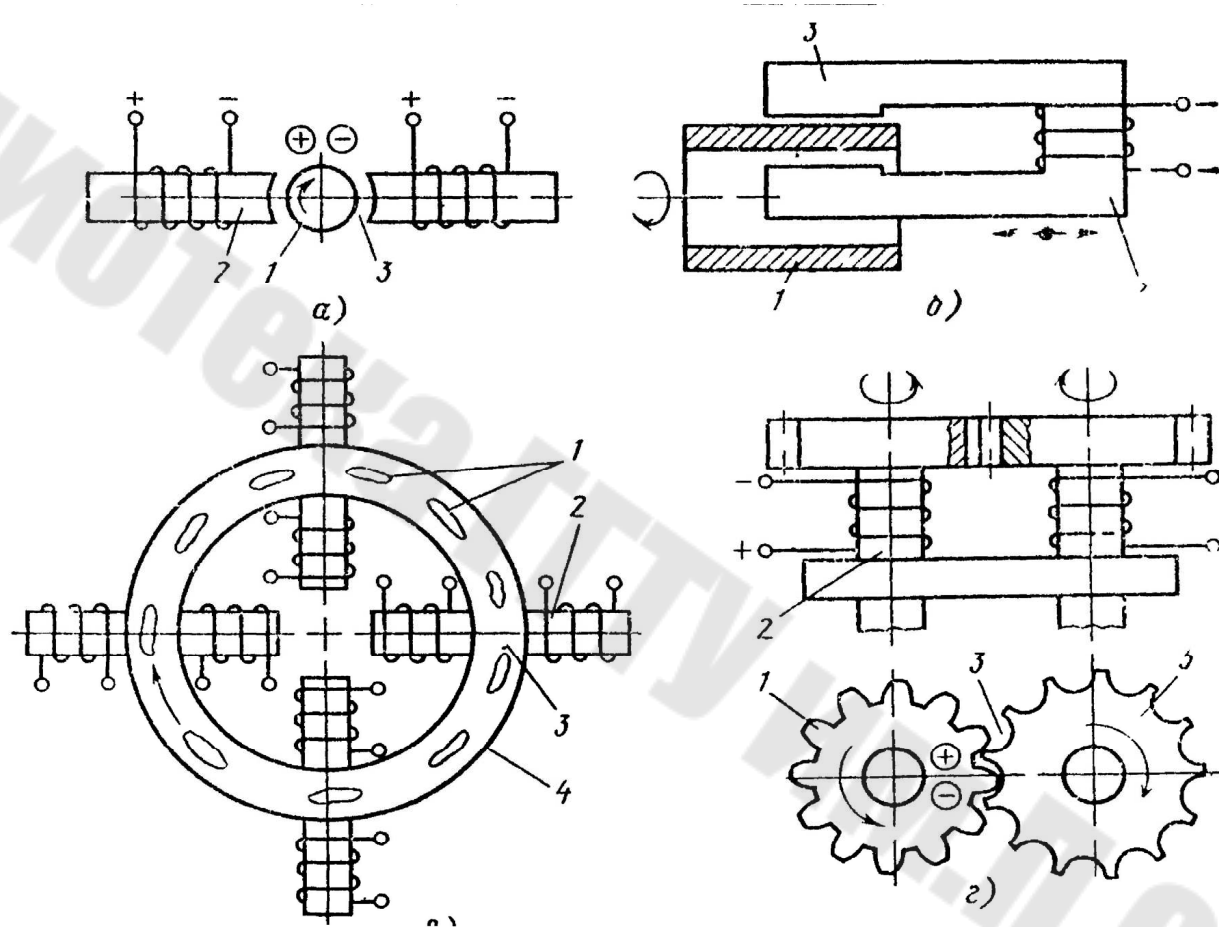


Рисунок 5.2 - Схема МАП с использованием ферромагнитного абразивного порошка в качестве режущего инструмента и передачи движения резания обычным приводом:

а - обработка наружной поверхности тел вращения; *б* - обработка внутренней поверхности тел вращения; *в* - обработка деталей произвольной формы; *г* - полирование зубчатого венца шестерни; *1* - обрабатываемая деталь; *2*-электромагнит; *3* - порошок; *4* - кольцевая ванна; *5*-колесо-полнос.

Таблица 5.1- Характеристика порошков из композиционных магнитно-абразивных материалов

Материал порошка	Количество абразивной составляющей, массовые доли в %	Магнитная проницаемость μ , мкГн/м	Микротвердость $H \mu$	Удельный объем металла для стали, мг/(см ² · мин)		Параметр шероховатости для стали, мкм	
				30X13	У10А	Rz	Ra
						30X13	У10А
Fe—TiC	20	9,05	3100	43,90	12,66	0,50	0,025
Fe—Cr ₃ C ₂	20	6,74	1350	38,48	10,11	0,65	0,032
Fe—Al ₂ O ₃	20	8,04	2300	23,85	6,90	0,92	0,060
Fe—WC	20	8,04	2400	8,94	6,67	2,00	0,042
Fe—ZrC	10	8,14	2800	10,30	5,33	2,15	0,160
Fe—W ₂ B ₅	20	7,72	2700	27,37	5,23	0,80	0,120
Fe—(Al ₂ O ₃ +Ni)	50 ^{*1}	4,17	2300	11,38	4,86	2,25	0,170
Fe—[Al ₂ O ₃ +(Ni+Co)]	50 ^{*1}	3,83	2300	6,23	3,89	2,45	0,210

*1 Объемные доли, %

Сущность МАО заключается в следующем: деталь помещается между сердечниками электромагнитов таким образом, чтобы наводимая магнитная индукция пронизывала ее в диаметральной направленности.

В зазор насыпают ферромагнитный порошок, а в отдельных случаях специальные порошки.

Деталь приводят во вращение вокруг своей оси. При обработке, возможно, применяют СОЖ. Каждая частица ферромагнитного порошка имеет произвольную форму, но обязательно имеет наибольшую ось. Поэтому в магнитном поле они ориентируются как стрелка компаса по направлению магнитно-силовых линий и притягиваются к поверхности детали. При вращении детали со скоростью V между поверхностью ее и точкой касания ферромагнитного режущего инструмента возникает сила трения $F_{тр}$. Поэтому элемент ферромагнитного порошка переходит из положения А в положение Б. В положении Б на элемент порошка сила P_z стремится вернуть его в исходное положение. Как только величина P_z превзойдет силу трения $F_{тр}$, элемент с

большой энергией вернется в исходное положение. Так как он является проводником, то при своем движении пересекает магнитно-силовые линии поля и в нем наводится значения ЭДС:

$$U_{\text{эдс}} = B \cdot C_{\text{эл}} \cdot V_{\text{эл}} \quad (5.1)$$

где B - магнитная индукция, Тл;

$C_{\text{эл}}$ - величина элемента, пересекаемого магнитные линии, мм;

$V_{\text{эл}}$ - скорость его перемещения в магнитном поле, м/с;

Два движения детали определяет способы движения каждого отдельного рабочего ферромагнитного элемента (РФЭ) МАО:

1. Колебательные движения РФЭ по дуге цилиндрической поверхности детали.

2. Колебательные движения РФЭ относительно точки касания его из-за несовпадения центра тяжести.

3. Колебательные движения РФЭ по образующей при осцилляции детали.

4. Колебательные движения в плоскости ось - точка касания элемента с центром качания в точке касания.

5. Снятие слоя с металла с поверхности детали при МАО осуществляется с помощью основных процессов снятия стружки и физическими явлениями.

6. Физические явления при чистовой МАО:

1. Микроплавление микропорошка ведет к закалке.

2. Изменение физико-механических поверхностей свойств поверхности детали.

Содержание

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1 Определение оптимальных режимов резания при магнитно-электрическом шлифовании.....	4
Лабораторная работа № 2 Расчет магнитных параметров в зоне шлифования.....	10
Лабораторная работа № 3 Исследование влияния технологических факторов на величину магнитной индукции в рабочем зазоре.....	19
Лабораторная работа № 4 Исследование полиимпульсного магнитно-электрического упрочнения поверхности детали.....	25
Лабораторная работа № 5 Исследование комбинированной магнитно-абразивной обработки.....	28

**Дмитриченко Эдуард Иванович
Петришин Григорий Валентинович**

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СПОСОБОВ
ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

**Лабораторный практикум
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»**

Подписано в печать 24.06.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,9.

Изд. № 184.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.