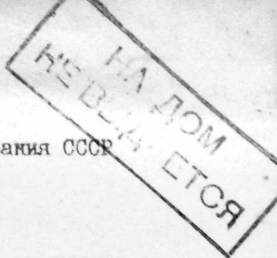


М 405851



Министерство высшего и среднего специального образования СССР

МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМ.Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

Лукьянчук Валентин Евстафьевич

УДК 621.921.34.002 + 681.51

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ,
КАЧЕСТВА И СТАБИЛЬНОСТИ СВОЙСТВ ФЕРРИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Специальность 05.03.01. - Процессы и машины обра-
ботки материалов резанием; автоматические линии

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМ.Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

Дукьянчук Валентин Евстафьевич

УДК 621.921.34.002 + 681.51

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ,
КАЧЕСТВА И СТАБИЛЬНОСТИ СВОЙСТВ ФЕРРИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

15850061
Специальность 05.03.01. - Процессы и машины обра-
ботки материалов резанием; автоматические линии

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1983

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1405851

Дукьянчук В.Е. Повышение пр

Работа выполнена во Всесоюзном заочном машиностроительном институте.

Научный руководитель: кандидат технических наук,
профессор ГОРБУНОВ Борис
Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор ИДИН Даниил
Львович
кандидат технических наук,
доцент ПОПОВ Сергей Алек-
сандрович

Ведущее предприятие указано в решении Специализированного Совета.

Защита состоится "___" _____ 1983 г. на заседании Специализированного Совета К 053.15.15 в Московском высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

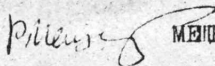
Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "___" _____ 1983 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО
СОВЕТА

кандидат технических наук, доцент

 МЕЛЕРИКОВ Р.К.

Л № 80375 к поч. 5.06.83 Заказ 952 Объем I п.л.

Тираж 100 экз.

Типография МВТУ им. Н.Э.Баумана

Актуальность проблемы. Научно-техническая политика, основные направления которой определены в решениях XXVI съезда КПСС, на майском и ноябрьском (1982 г.) Пленумах Центрального Комитета КПСС, тесно связана с проблемой ускорения научно-технического прогресса и внедрением в производство достижений науки и техники, что позволит значительно повысить производительность труда и качество продукции. Для решения этой проблемы, в частности, необходимо широко внедрять алмазное шлифование труднообрабатываемых материалов, обеспечивающее высокую производительность обработки, качество и стабильность свойств изделий. Новым этапом в развитии отечественной промышленности стало внедрение синтетических полупроводниковых материалов, таких как ферриты. Ферриты, используемые для изготовления основных функциональных звеньев машин, приборов и других устройств, позволяют значительно повысить их качество и стабильность работы. Существующие способы получения заготовок не всегда обеспечивают требуемую точность форм, размеров и необходимую шероховатость обработанной поверхности.

По структурному строению ферриты — мелкозернистые кристаллические твердые тела, представляющие собой сростки отдельных более или менее беспорядочно расположенных кристаллов различных размеров, имеющие открытую пористость, состоящую из каналов различных размеров и форм, и замкнутую пористость, определяющуюся ячейками и микрополостями, не сообщающимися между собой. Они обладают высокой микротвердостью и хрупкостью, склонностью к образованию сколов и выкрашиваний. Поэтому к шлифованию ферритов, практически единственному виду их механической обработки, предъявляются повышенные требования. Варьируя характеристики алмазных шлифовальных кругов, условия и режимы обработки можно получить изделия с заданными рабочими характеристиками. В связи с этим развитие исследований, связанных с повышением производительности и качества изделий, и создание системы управления свойствами и обеспечения заданных параметров ферритовых изделий путем оптимизации режимов шлифования, является задачей актуальной.

Цель исследования. Установить основные закономерности процесса алмазного шлифования ферритов с целью повышения производительности обработки, улучшения качества, и стабильности

свойств ферритовых изделий оптимальными режимами алмазного шлифования.

Методы исследования. Разработана комплексная методика оценки шлифуемости ферритов, предусматривающая решение оптимизационной задачи, расчета режимов алмазного шлифования для получения максимальной производительности при заданных ограничениях по составляющим силы резания, интегральной и локальной температурам, шероховатости обработанной поверхности и электромагнитным параметрам с последующим технико-экономическим анализом полученных результатов, апробированием и внедрением рекомендаций в производственных условиях.

Научная новизна. Обоснована целесообразность и возможность обеспечения основных электромагнитных характеристик ферритовых деталей оптимальными режимами шлифования и создана система для получения максимальной производительности обработки, качества и стабильности свойств изделий. Установлены закономерности процесса алмазного шлифования на примере никель-цинковых ферритов. Получены аналитические зависимости составляющих силы резания, температур и электромагнитных характеристик от режимов шлифования и рассчитаны оптимальные режимы резания.

Практическая ценность. На основании технико-экономического анализа результатов исследования разработаны рекомендации по выбору характеристик алмазного инструмента и расчету оптимальных режимов плоского алмазного шлифования никель-цинковых ферритов. Использование результатов работы в производственных условиях позволило увеличить производительность шлифования более чем в два раза и выход годных деталей на 14%, что при внедрении на ряде предприятий отрасли в 1979...1982 гг. дало экономический эффект 254,4 тыс.руб.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на шести научно-технических конференциях ВЭМИ 1967...1980 гг., Всесоюзной научно-технической конференции "Алмаз - в промышленность" - 1968 г., семинаре "Качество поверхности и точность деталей машин и приборов" - МДНТП 1976 г., научно-техническом совете ведущей организации - 1981г., на кафедре АМ-1 ВЭМИ - 1980, 1982 гг., кафедре АМ-2 МВТУ им. Н.Э.Баумана - 1983 г.

Объем работы. Диссертация изложена на 119 стр. машинописного текста, включающих введение, шесть глав, основные выводы и приложения. Работа иллюстрирована 62 рисунками, содержит 19 таблиц, список литературы включает 64 наименования, 3 Приложения.

В первой главе представлен аналитический обзор научно-производственных, литературных и патентных материалов по обрабатываемости магнитомягких ферритов, определена цель и поставлены задачи исследования.

В работах, проведенных Поповым С.А., Малевским Н.П., Вамберским М.В. под руководством Грановского Г.И. в МВТУ им. Н.Э. Баумана, Федотовым В.А. во ВНИИАлмазе и ряде других работ убедительно показано, что использование алмазных шлифовальных кругов значительно снижает силу резания и температуры в зоне шлифования, позволяет повысить производительность обработки и улучшить качество поверхностного слоя. Аналитический обзор научно-производственных, литературных и патентных материалов по обрабатываемости ферритов показал, что рекомендации по выбору характеристик шлифовальных кругов разноречивы, а рекомендованные режимы плоского шлифования даются в широких пределах, что затрудняет их выбор. Отсутствует комплексный подход для определения условий обработки и методики определения оптимальных режимов шлифования, не применяются статистические методы планирования эксперимента и обработки результатов опытов. Недостаточно разработаны основные критерии оценки процесса шлифования. Не изучены вопросы влияния условий обработки и режимов шлифования на изменение электромагнитных свойств — основных рабочих характеристик ферритовых изделий и отсутствует системный подход к решению задачи обеспечения стабильности этих свойств.

В связи с этим в работе были поставлены следующие основные задачи:

1. Разработать методику комплексного изучения плоского алмазного шлифования ферритов и определить основные критерии, характеризующие процесс.

2. Провести выбор рациональных характеристик алмазного инструмента для шлифования магнитомягких ферритов и определить область существования допустимых режимов по силовым критериям и шероховатости обработанной поверхности.

3. Разработать устройства для измерения интегральной и локальной температур и выявить область существования допустимых режимов обработки по температурным критериям.

4. Исследовать степень влияния режимов шлифования на изменение основных электромагнитных характеристик никель-цинковых ферритов и определить область существования допустимых режимов обработки.

5. Решить задачу оптимизации режимов обработки по производительности с учетом ограничивающих факторов.

6. Создать систему управления качеством и стабильностью электромагнитных свойств ферритовых изделий путем оптимизации режимов шлифования.

Во второй главе описана общая методика проведения экспериментального исследования процесса плоского алмазного шлифования. Исследование эксплуатационных свойств алмазного инструмента проводилось в лабораторных условиях на плоскошлифовальном станке 370I непосредственно на изделиях или брусках из феррита марки 1000 НН.

В качестве инструмента использовались алмазные плоские коуги прямого профиля с синтетическими алмазами марок АСО, АСР, АСВ различной зернистости (50/40...125/100) и концентрации (100%, 50%) на органических и металлических связках. Режимы шлифования изменялись в пределах: глубина шлифования 0,1...0,6 мм, поперечная подача 0,2...0,6 мм/дв.ход, продольная подача 5...15 м/мин при окружной скорости круга 30 м/с.

Для измерения составляющих силы резания был использован трехкомпонентный динамометр конструкции МВТУ им Н.Э.Баумана с тензостанцией ТА-5 и осциллографом Н-112.

Интегральная температура измерялась методом заземленной термопары, локальная - бесспайной напыленной термопарой. Шероховатость обработанной поверхности контролировалась профилографом-профилометром завода "Калибр" мод.201.

Измерение электромагнитных параметров ферритовых изделий проводилось на установке, сконструированной в ведущей организации, ЗМ18-2 и измерительной информационной системе У5045.

Сколы на кромках изделий и выкраивания на поверхности контролировались на микроскопе МЕС-1.

В экспериментальной части работы реализован статистиче-

ский метод планирования эксперимента. При выводе силовых и температурных зависимостей использован симметричный двухуровневый план многофакторного анализа. Определение коэффициентов линейных уравнений осуществлено методом наименьших квадратов. Вывод зависимостей электромагнитных параметров от режимов шлифования осуществлен по методу наименьших квадратов. Динамические нагрузки, как и тепловой режим в процессе шлифования оказывают существенное влияние на изменение основных служебных характеристик изделий из феррита - электромагнитных свойств. Эти воздействия носят импульсный характер, и в итоге поверхностный слой изделия подвергается совместному эффекту силового и теплового ударов. Преимущественное влияние того или иного фактора зависит от характера инструмента и условий обработки. Поэтому в работе в качестве критериев, оценивавших степень силового воздействия на поверхность изделия, приняты R_y и R_z - критерии. Тепловой режим оценивается $\theta_{\text{инт}}$ - критерием - температурой, усредненной по площади контакта шлифовального круга и обрабатываемого изделия и $\theta_{\text{лок}}$ - критерием - температурой на локальных площадках, сопоставимых с размерами режущих зерен. Технологические критерии позволяют оценить степень влияния характеристик кругов и режимов шлифования на шероховатость обработанной поверхности - R_a - критерий, на наличие сколов на торцах изделия и выкрашивания на поверхности. Степень влияния характеристик кругов и режимов шлифования на изменение статических электромагнитных характеристик оценивается μ_n - критерием - изменением начальной магнитной проницаемости ферритов, динамических характеристик в импульсных полях $\mu_{\text{и}}$ - критерием, изменением импульсной магнитной проницаемости ферритов.

Отличительной особенностью ферритовых материалов является разнофазность механической структуры, наличие в ней включений, примесей, дефектов и замкнутой пористости. В момент контакта поверхности с режущими зернами через изделие проходят упругие волны которые приводят его магнитную структуру в состояние, соответствующее ближайшему минимуму энергии. Это вызывает необратимые изменения магнитных характеристик. Частота и интенсивность ударных воздействий зависит от характеристик шлифовальных кругов и режимов резания.

В данной главе проведена оценка шлифовальных кругов и режимов резания по нормальной и тангенциальной составляющим силы резания, коэффициенту абразивного резания и удельной интенсивности шлифования.

Экспериментально получены зависимости указанных факторов от режимов шлифования. Установлено, что рациональной концентрацией алмазных зерен в слое является 100%. При этом наблюдается снижение составляющих силы резания при высоком коэффициенте абразивного резания ($f_a = 0,3$) и удельной интенсивности шлифования $Q_{уд} = 35 \text{ мм}^3/\text{мин} \cdot \text{Н}$. Высокими режущими способностями обладают шлифовальные круги с алмазным порошком марки АСО зернистостью 63/50 и 80/63. Существенное влияние оказывает связка шлифовальных кругов. Для органических связок Б1 и Б156 коэффициент абразивного резания наибольший $f = 0,31 \dots 0,30$ при высокой удельной интенсивности шлифования $Q_{уд} = 30 \text{ м}^3/\text{мин} \cdot \text{Н}$ у кругов на металлических связках $f = 0,16$, а у альборовых кругов $f = 0,2$.

Анализ экспериментальных данных по R_y и R_z позволил определить их предельно допустимые значения, при которых сколы на кромках изделий и выкрашивания находятся в заданных технологическими требованиями пределах. Эти значения приняты за критерии R_y и R_z . ($R_y \leq 16,7 \text{ Н}$; $R_z \leq 7,8 \text{ Н}$).

Аналитически получены зависимости составляющих силы резания от режимов обработки для шлифовальных кругов различных характеристик, например, для круга АСО 80/63 Б1 100%.

$$R_y = 10,19 \quad t^{0,84} \quad S_{\text{поп}}^{0,75} \quad S_{\text{пр}}^{0,83} \quad (1)$$

$$R_z = 5,39 \quad t^{0,67} \quad S_{\text{поп}}^{1,01} \quad S_{\text{пр}}^{0,73} \quad (2)$$

В трехмерном пространстве с использованием графопостроителя "Calcomp 925" и управляющей ЭВМ "Hewlett Packard 3000" по разработанной программе были построены графические зависимости R_y и R_z от режимов шлифования. Совместное решение уравнений поверхности и секущей плоскости позволили получить области существования допустимых режимов шлифования по R_y и R_z критериям.

Экспериментально определена степень влияния режимов об-

работки на параметр шероховатости R_a . Определена область существования допустимых режимов шлифования по технологическому критерию R_a и установлено, что эта область находится внутри области по R_y и R_z критериям.

В четвертой главе изложены результаты изучения теплового режима алмазного шлифования ферритов. Тепловые воздействия наряду с механическими нагрузками, могут считаться одним из основных факторов, влияющих на электромагнитные свойства ферритов. Тепловой режим алмазного шлифования ферритов относится к регулярному неустойчившемуся режиму, изменяющемуся во времени. Возможность расчета температуры поверхности ферритовых деталей, основанного на аналитическом решении уравнения теплопроводности, представляется проблематичной, т.к. основные термоконстанты для магнитомягких материалов отсутствуют. Поэтому основным методом определения температуры является экспериментальный. Наиболее существенное влияние на фазовые переходы и структурные изменения в поверхностном слое изделий оказывают усредненная по площади контакта шлифовального круга и обрабатываемой детали - интегральная температура - $\theta_{\text{инт}}$ и температура на площадках, соизмеримых с размерами алмазных зерен - локальная температура - $\theta_{\text{лок}}$. Предельно допустимые значения этих температур приняты как величины, ограничивающие область существования допустимых режимов обработки: $\theta_{\text{инт}}$ -критерий и $\theta_{\text{лок}}$ -критерий.

Измерение интегральной температуры проводилось методом вращающейся термопары. Экспериментальный анализ методов заделки термопары показал, что невысокими погрешностями обладают никель-хром-константановые (хромель-конпелевые) термопары с мостовой компенсационной схемой. Термоэлектроды диаметром 0,2мм располагались в плоскости, параллельной обрабатываемой поверхности.

Измерение локальной температуры проводилось сконструированной бесспальной напыленной термопарой с толщиной термоэлектродов 1000Å, защищенной авторским свидетельством. В процессе шлифования термопара замыкалась за счет переноса шлифовальным кругом "мостика" металла термоэлектрода и регистрировалась тдс.

Температурные исследования проводились кругами, отобра-

раниями по силовым и технологическим критериям. Анализ результатов позволил определить степень влияния характеристик шлифовальных кругов и режимов обработки на интегральную и локальную температуры и отобрать круги по температурным критериям для дальнейших исследований. Установлено, что предельно допустимыми значениями являются: интегральная температура $\theta_{\text{инт}} \leq 490^\circ$, локальная температура $\theta_{\text{лок}} \leq 800^\circ$, которые и приняты в качестве температурных критериев.

В результате обработки экспериментальных данных и расчета методом наименьших квадратов показателей степеней и коэффициентов, получены эмпирические уравнения, характеризующие функциональную зависимость температур от режимов шлифования. Так, например, для круга АСО 80/63 Б1 100% получены следующие уравнения:

$$\theta_{\text{инт}} = 297 t^{0,56} S_{\text{поп}}^{0,50} S_{\text{пр}}^{0,54} \quad (3)$$

$$\theta_{\text{лок}} = 312 t^{0,20} S_{\text{поп}}^{0,24} S_{\text{пр}}^{0,63} \quad (4)$$

Построенные в трехмерном пространстве на графопостроителе зависимости дают наглядное представление о характере влияния режимов шлифования на изменение интегральной и локальной температур. Совместное решение уравнений поверхностей и ограничивающих плоскостей позволило определить область существования допустимых режимов шлифования по температурным критериям.

В пятой главе проведено исследование влияния режимов алмазного шлифования на изменение рабочих характеристик ферритовых изделий.

Магнитомягкие ферриты, имеющие два и более иона характеризующего металла представляют собой смешанные ферриты — твердые растворы нескольких моноферритов. Распределение катионов в подрешетках этих ферритов сложно и характеризуется рядом неустойчивых состояний, что является одной из причин нестабильности их свойств. К основным электромагнитным характеристикам относятся:

1. Такие статистические характеристики технического намагничивания, как начальная магнитная проницаемость (μ_n), коэрцитивная сила (H_c) и др.

2. Динамические характеристики процесса намагничивания — параметры петли гистерезиса, импульсная магнитная проницаемость

(μ_n) и др.

Основными электромагнитными характеристиками никель-цинковых ферритов являются μ_n и μ_{Σ} магнитные проницаемости. В работе рассмотрены также изменения начального коэффициента индуктивности ($A_{\Sigma n}$), максимальная магнитная индукция (B_m), остаточная магнитная индукция (B_r) и другие характеристики. Для определения величины исследуемого параметра на каждом режиме шлифования проводилась статистическая обработка результатов эксперимента в точке. Предварительно сердечники группировались в выборке с допуском на измеряемый параметр $\pm 1\%$ (расчетный размер выборки — 20 сердечников). После шлифования выборки сердечников и измерений параметра строилась гистограмма, полигон и определялась величина значения параметра в точке. Экспериментальные данные удовлетворительно описывались линейными уравнениями. Так, при шлифовании галтованных сердечников кругом АСО 80/63 Б1 100%

$$\mu_n = (1175 - 98 t) \cdot 0,13 \cdot 10^{-5} \text{ Гн/м} \quad (5)$$

$$\mu_{\Sigma} = (994 - 640 t) \cdot 0,13 \cdot 10^{-5} \text{ Гн/м} \quad (6)$$

при $S_{\text{поп}} = 0,4 \text{ мм/дв.ход}$, $S_{\text{пр}} = 10 \text{ м/мин}$, $V_{\text{кр}} = 30 \text{ м/с}$.

Численные значения критериев $\mu_n \geq 130 \cdot 10^{-5} \pm 4\% \text{ Гн/м}$ и $\mu_{\Sigma} \geq 100 \cdot 10^{-5} \pm 4\% \text{ Гн/м}$ являются техническими характеристиками изделия из магнитомягкого феррита марки 1000 НН.

Используя полученные уравнения определяем область существования допустимых режимов шлифования по электромагнитным критериям.

В шестой главе разработана в общем виде система обеспечения рабочих характеристик ферритовых изделий, проведена оптимизация режимов шлифования и дан расчет экономической эффективности процесса обработки.

Для создания и совершенствования устройств, основным функциональным звеном которых являются ферритовые изделия, требуются материалы, обладающие минимальным разбросом рабочих характеристик, особенно по нижнему пределу. Для достижения этого создана система обеспечения рабочих характеристик ферритовых изделий и управления ими в допустимых пределах от минимальных режимов шлифования.

Первым этапом системы является конструкторская подготовка, где разрабатывается устройство с основным звеном — ферритовым элементом. Здесь определяется группа феррита, основные рабочие характеристики, марки феррита и размеры изделия. На следующем этапе параллельно идут разработки:

1. технологии получения заготовки, где производится анализ исходных окислов, рассчитывается химсостав, происходит взвешивание компонентов, получается шихта, ведется предварительный отжиг — ферритизация, вторичный помол, перемешивание, сушка, введение пластификатора, формирование заготовки и высокотемпературное спекание, контроль образцов, контроль рабочих характеристик.

2. технологии механической обработки, где разрабатывается маршрутная технология, рассчитываются припуски на механическую обработку, выбирается вид шлифования, определяются условия обработки, вид и характеристики кругов, определяются функциональные зависимости ограничивающих факторов от режимов шлифования и предельных значений ограничивающих факторов:

$R_y, R_z, R_a, \sigma_{\text{инт}}, \sigma_{\text{лок}}$, вывод функциональных зависимостей рабочих характеристик от режимов шлифования и предельных значений ограничений по электромагнитным параметрам (если область существования допустимых по электромагнитным параметрам режимов не находится внутри области, ограниченной $R_y, R_z, R_a, \sigma_{\text{инт}}, \sigma_{\text{лок}}$, то необходимо дать команду на блоки, где формируются рабочие характеристики, т.е. вторичный помол и высокотемпературное спекание с целью создания условий для повышения на заданную величину значений рабочих характеристик, например, уменьшить размер зерна или изменение режима высокотемпературного спекания), оптимизация режимов шлифования, формообразование изделий, контроль электромагнитных параметров и размеров изделий.

Контроль рабочих характеристик заготовок может показать:

1. Характеристики находятся в поле допуска номинальных значений, тогда заготовки поступают на механическую обработку с оптимальными режимами шлифования.

2. Характеристики выше номинальной. Тогда производится коррекция ограничений по электромагнитным параметрам, рассчитываются новые режимы шлифования и заготовка шлифуется с оптимальными для данной партии изделий режимами.

3. Характеристики ниже номинальных. Тогда заготовки поступают на вторичный помол, т.е. обеспечивается безотходность производства.

Предлагаемая система позволяет не только обеспечивать производительность, качество и стабильность свойств ферритовых изделий, но изменяя режимы обработки, при известной степени влияния на рабочие характеристики получать изделия с заданными электромагнитными параметрами.

Одним из основных технологических показателей процесса шлифования ферритовых изделий является производительность (Π). Она принята в качестве показателя оптимальности, величины, численно определяющей технико-экономическую эффективность процесса шлифования. Критерием оптимальности является - максимум Π , а целевой функцией - функциональная зависимость между показателем оптимальности и управляющими параметрами - режимами шлифования.

$$\Pi = f(t, S_{\text{пр}}, S_{\text{поп}}, V_{\text{кр}}) = f(u), \quad (7)$$

где $u = (t, S_{\text{поп}}, S_{\text{пр}}, V_{\text{кр}})$.

Система функциональных ограничений в общем виде представляется выражениями:

$$\begin{aligned} R_y &= f_1(u) \leq C_1; \quad R_z = f_2(u) \leq C_2; \quad R_d = f_3(u) \leq C_3; \\ \theta_{\text{инт}} &= f_4(u) \leq C_4; \quad \theta_{\text{лок}} = f_5(u) \leq C_5; \\ \mu_n &= f_6(u); \quad C_6 \leq \mu_n \leq C_6; \quad \mu_u = f_7(u); \quad C_7 \leq \mu_u \leq C_7' \end{aligned} \quad (8)$$

где

$R_y, R_z, R_d, \theta_{\text{инт}}, \theta_{\text{лок}}, \mu_n, \mu_u$ - ограничивающие факторы;
 $C_1, C_2, \dots, C_5$ - предельно допустимые значения соответствующих факторов;

C_6, C_7 - минимально допустимые значения магнитных проницаемостей;
 C_6', C_7' - максимально допустимые значения магнитных проницаемостей.

Задача сводится к определению параметров $t, S_{\text{пр}}, S_{\text{поп}}, V_{\text{кр}}$, обеспечивающих максимум Π при заданных ограничениях типа неравенств. Целевая функция и ограничения могут быть представлены в линейном виде, тогда задача приводится к классу задач линейного программирования. Решение задачи осуществлено симплекс-методом. В результате расчетов на ЭМ "НАИРИ-2" полу-

чены следующие оптимальные режимы шлифования феррита марки 1000 НН кругом АСО 80/63 Б1 100% при работе с охлаждением:

глубина шлифования $\ell = 0,35$ мм

поперечная подача $S_{\text{поп}} = 0,40$ мм/п.ход;

продольная подача $S_{\text{пр}} = 8,15$ м/мин;

скорость круга $V_{\text{кр}} = 30$ м/с.

Основой для расчета экономической эффективности является внедрение на ряде предприятий алмазного шлифования с оптимальными для конкретных случаев режимами обработки, которое позволило увеличить производительность более чем в 2 раза и увеличить выход годных деталей на 14%, в результате чего экономический эффект за 1979...1982 гг. составил 254,43 тыс.руб., при этом улучшено качество и стабильность свойств ферритовых изделий.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана методика комплексного исследования процесса алмазного шлифования магнитомягких ферритов, учитывающая влияние характеристик алмазных кругов и условий обработки на изменение рабочих характеристик изделий с реализацией статистического метода планирования эксперимента и статистического метода обработки результатов эксперимента с использованием ЭМ.

2. Для обеспечения рабочих характеристик изделий, путем измерения составляющих силы резания, определения коэффициента абразивного резания и удельной интенсивности шлифования выведены функциональные зависимости их от условий обработки, определены рациональные характеристики шлифовальных кругов (АСО; 50/40...100/80; Б1, Б156; 50,100%) и области существования допустимых режимов обработки по силовым критериям и критерию шероховатости обработанной поверхности.

3. Исследование теплового режима алмазного шлифования и определение усредненной по площади контакта шлифовального круга с обработанной поверхностью — интегральной температуры и температуры на площадках, соизмеримых с размерами режущих зерен — локальной температуры с помощью сконструированной напыленной термопары, позволили вывести функциональные зависимости температур от условий шлифования и определить рациональные по температурным критериям характеристики шлифовальных кругов (АСО; 63/50, 80/63; Б1, Б156; 100%) и области существования допустимых

режимов резания.

4. Силовые и температурные воздействия на обрабатываемую поверхность в значительной мере влияют на изменение основных электромагнитных свойств изделий из ферритов, для определения чего были выведены функциональные зависимости начальной и импульсной магнитных проницаемостей от режимов шлифования для круга рациональной характеристики (АСО 80/63 Б1, 100%), определены области существования допустимых режимов резания по электромагнитным критериям и дано объяснение кинетики изменения рабочих характеристики на примере никель-цинкового феррита марки 1000 НН.

5. Технологические показатели процесса положены в основу целевой функции — производительности и решена задача расчета оптимальных режимов шлифования любых ферритов при заданных ограничениях по критериям процесса. В результате чего, например, получены следующие оптимальные режимы алмазного шлифования феррита марки 1000 НН: $t = 0,35$ мм, $S_{\text{поп}} = 0,40$ мм/дв.ход, $S_{\text{пр}} = 8,15$ м/мин, $V_{\text{кр}} = 30$ м/с при работе с охлаждением шлифовальным кругом рациональных характеристик АСО 80/63 Б1 100%.

6. Разработана в общем виде система повышения производительности, качества и обеспечения стабильности свойств ферритовых изделий с возможностью управления этими свойствами оптимальными режимами алмазного шлифования.

7. Результаты работы позволили увеличить производительность процесса более чем в 2 раза и выход годных деталей на 14%, что при внедрении на ряде предприятий в 1978...1982 гг. дало экономический эффект 254,4 тыс.руб.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:
1. Лукьянчук В.Е., Барсегянц Р.О., Лаврентьев В.И. Определение максимальной температуры при плоском алмазном шлифовании. Планирование экспериментов. Обработка результатов на ЭМ. — В сб.: Новые технологические процессы в машиностроении, —М.: ВЗМ, 1971, с.22.

2. Лукьянчук В.Е., Барсегянц Р.О., Лаврентьев В.И. Влияние алмазного шлифования на изменение магнитных свойств никель-цинковых ферритов. В сб.: Новые технологические процессы в машиностроении, —М.: ВЗМ, 1971, с.21

3. Лукьянчук В.Е., Виноградова Г. п. Обрабатываемость никель-цинковых ферритов. - В сб. : Обработка материалов резанием. - М. : ВЗМИ, 1976, с.16 - 22
4. Лукьянчук В. Е. , Виноградова Г.П. О возможности моделирования на аналоговых вычислительных машинах тепловых явлений при шлифовании. - В сб.: Процессы и оборудование абразивно-алмазной обработки. - М. : ВЗМИ, 1978, с.74 - 79
5. Лукьянчук В.Е. Обобщенный критерий оптимизации процесса шлифования ферритовых сердечников. - В сб.: Процессы и оборудование абразивно-алмазной обработки. - М. : ВЗМИ, 1978, с. 22 - 25
6. А.С. 359541 / СССР / Способ изготовления плёночной термомпары / В.Е. Лукьянчук, Р.О. Барсегянц, В.И. Лаврентьев, - Опубл. в Б.И., 1972, № 32
7. А.С. 709317 / СССР / Устройство для крепления деталей / В.Е. Лукьянчук, Ю.М. Ермаков, - Опубл. в Б.И. 1980 № 2

