

Министерство образования Украины
Севастопольский Государственный Технический
Университет

на правах рукописи

Грабовый Василий Михайлович

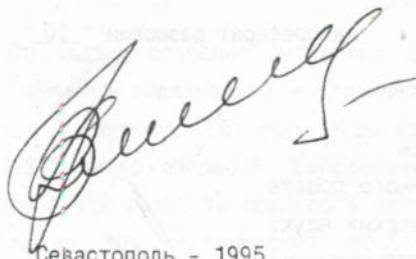
УДК 621.923

Повышение эффективности операций шлифования
в автоматизированном производстве путем коррекции
цикла за период стойкости инструмента

Специальность: 05.13.07. - Автоматизация технологических процессов
и производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Севастополь - 1995



00761486 (W)

687.54

Работа выполнена на
производств" Севастопо
университета,
Мелитопольском Моторном заводе

Научный руководитель - доктор технических наук,
проф. Новоселов Ю.К.

Официальные оппоненты -академик ИАН Украины, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины Гавриш А.П.
-кандидат технических наук,
доцент Карлов А.Г.

Ведущее предприятие -завод "Автогидроагрегат", г.Мелитополь

Защита состоится "23" ноября 1995г. в 10 часов на заседании специализированного совета Д 11.03.01.в Севастопольском Государственном техническом университете по адресу:
335053, г.Севастополь, Стрелецкая бухта, студенческий городок, корпус СГТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Севастопольского Государственного технического университета.

Автореферат разослан "20" октября 1995г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,

доцент ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

/А. Н. Шерешевский/

Общая характеристика работы.

Актуальность темы. Современное машиностроение развивается в направлении автоматизации всех производственных процессов. Примером широкого применения автоматизированных производств является автомобильная и моторостроительная промышленность. Так, на ведущих предприятиях фирм Фиат, Мерседес, Рено, Вольво уровень автоматизации производства составляет 60-80%. На Мелитопольском моторном заводе при изготовлении двигателей к автомобилю ЗАЗ-1102 установлено 107 автоматических линий, 32 из них оснащены микропроцессорными системами управления.

Автоматизация технологических процессов позволяет существенно повысить производительность обработки, уменьшить себестоимость изготовления изделий, улучшить качество выпускаемой продукции. Повышаются также культура производства и безопасность труда.

Отмечая высокие достижения в области автоматизации технологических процессов, необходимо сделать заключение, что не все возможности современных автоматизированных систем полностью реализуются. При проектировании автоматизированных производств за основу берутся известные технологические решения и методы управления технологическим оборудованием без существенной их доработки и совершенствования. Автоматизированные же системы имеют ряд новых возможностей, использование которых позволяет существенно повысить эффективность их внедрения. Выявление таких возможностей, разработка методов и средств их реализации представляет собой серьезную научную проблему.

При обработке материалов резанием с внедрением автоматизированных систем становится реально разрешимой задача управления оборудованием с подстройкой системы к изменяющимся свойствам технологической среды.

В моторостроении эта задача особенно актуальна для чистовых и отделочных операций, выполняемых абразивными инструментами. На Мелитопольском моторном заводе с переходом от производства силового агрегата МемЗ-968 к МемЗ-245 число операций, выполняемых абразивными инструментами, увеличилось в 1,2 раза, трудоемкость их выполнения составила 23% от общей трудоемкости механической обработки деталей в

основном производстве. Особенностью чистовых операций является их большая чувствительность к различного рода возмущениям. Для операций круглого наружного шлифования наименее стабильным элементом системы является абразивный инструмент, который изменяет свои свойства в процессе эксплуатации и износа. С целью обеспечения высокой точности, обработка ведется кругами на керамической связке, работающими в режиме затупления. За период стойкости такого инструмента изменяются форма режущих кромок, их число, распределение на рабочей поверхности и, как следствие, производительность обработки, сила резания, температура в зоне контакта, шероховатость обработанной поверхности. С целью обеспечения заданного качества цикл шлифования настраивается на наихудшие условия обработки, когда круг быстро теряет режущую способность и требуется его правка. В начальный момент времени после правки возможности инструмента и оборудования используются не полностью. В связи с этим целесообразно корректировать цикл с учетом фактического состояния рабочей поверхности инструмента. Выполненная оценка показывает, что при такой корректировке производительность обработки может быть увеличена на 30-40 %, кроме того, возможна стабилизация качества деталей по шероховатости поверхности и физико-механическому состоянию поверхностного слоя.

Учитывая большую актуальность рассматриваемой задачи в работе поставлена цель: повысить эффективность операции шлифования в автоматизированном производстве за счет коррекции цикла обработки за период стойкости инструмента с учетом состояния его рабочей поверхности.

Для достижения оставленной цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

1. Рассмотрены особенности управления процессом шлифования, теоретически обоснована необходимость коррекции цикла обработки с учетом состояния рабочей поверхности инструмента.

2. Дано теоретическое описание поведения рабочей поверхности инструмента при шлифовании в режиме затупления, предложена математическая модель, позволяющая прогнозировать производительность обра-

ботки и качество изделия в любой момент времени периода его стойкости инструмента.

3. Экспериментально исследованы основные закономерности работы инструмента в режиме затупления, доказана адекватность предложенной математической модели.

4. Разработана модель оптимального управления процессом обработки деталей при круглом наружном шлифовании по методу врезания, предложена методика расчета величин коррекции цикла за период стойкости инструмента.

5. Произведена апробация предложенных рекомендаций в производственных условиях.

Методы исследования. При решении поставленных задач применялись методы теории оптимального управления, математического анализа, теории вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов. Проверка основных теоретических положений осуществлялась на специально разработанном автоматизированном стенде. Обработка экспериментальных данных выполнялась на ЭВМ IBM-386 DX-40.

Научная новизна. Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

1. Теоретически и экспериментально обоснована возможность существенного повышения производительности операции круглого наружного шлифования путем коррекции цикла обработки за период стойкости инструмента.

2. Исследован механизм изменения параметров состояния технологической системы, как фактора определяющего эффективность обработки.

3. Разработана математическая модель операции круглого наружного шлифования, позволяющая в любой момент времени при различных алгоритмах изменения режима определить фазовые координаты ТС, включая взаимное расположение инструмента и заготовки, параметры зона контакта, параметры качества обрабатываемой поверхности, выходные параметры процесса.

Модель построена с учетом изменения состояния рабочей поверхности инструмента за период его стойкости, учитывает стохастический характер процесса, силовое взаимодействие инструмента и заготовки, позво-

ляет дифференцированно оценивать роль отдельных факторов на параметры качества деталей.

4. Предложена методика расчета высокопроизводительных циклов шлифования, обеспечивающих получение заданного качества изделий при максимальной производительности или минимальной себестоимости процесса. Методика основана на использовании динамической модели и метода винтового покоординатного спуска.

Научная достоверность подтверждена соответствием полученных результатов ряду ранее известных экспериментальных зависимостей процесса шлифования и хорошим совпадением результатов расчетов и моделирования на ЭВМ с опытными данными.

Практическая ценность. В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований получены высокопроизводительные циклы, обеспечивающие заданное качество изделий при максимальной производительности или минимальной себестоимости процесса.

Реализация работы. Рассматриваемая научная работа выполнена в департаменте "Систем автоматизированных производств" СГТУ. Результаты выполненных исследований внедрены на Мелитопольском моторном заводе с экономическим эффектом 150000000 крб. в год.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международных и Всеукраинских научно-технических конференциях:

- "Прогрессивные технологические процессы в механообрабатывающем и сборочном производстве", Санкт-Петербург, 1992г.
- "Прогрессивная технология машиностроения", Днепропетровск, 1992г.
- "Высокие технологии в машиностроении", Харьков, 1992г.
- "Высокие технологии в машиностроении", Харьков, 1993г.
- "Высокопрочная керамика-производство и рынок", 1993г.
- "Высокие технологии в машиностроении, моделирование, оптимизация, диагностика", Харьков-ХГПУ-Алушта, 1995г.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, глав, выводов, списка литературы и приложений. Она содержит 126 страниц машинописного текста, 19 таблиц, 22 рисунка, библиографический список, включающий 104 наименования.

Содержание.

Во введении раскрыта актуальность проблемы, проведена краткая аннотация работы.

В первой главе дан краткий анализ состояния вопроса, связанного с повышением эффективности методов чистовой и отделочной обработки.

Эти вопросы рассмотрены в работах: Ю. Д. Аврутина, Б. М. Базрова, А. П. Гавриша, В. В. Гичан, Б. А. Глаговского, А. И. Грабченко, А. В. Жвирблиса, А. В. Королева, С. Н. Корчака, В. Г. Лебедева, Г. Б. Лурье, Ю. К. Новоселова, Б. А. Перепелицы, Э. В. Рыжова, О. Б. Федосеева, Л. Н. Филимонова, А. В. Якимова и ряда других отечественных и зарубежных ученых.

В выполненных исследованиях рассмотрена физическая сущность процессов финишной обработки, указаны достоинства и недостатки обработки деталей машин шлифованием, указываются современные тенденции повышения эффективности финишных операций.

В главе показано, что вопрос автоматического управления с коррекцией циклов шлифования за период стойкости инструмента еще не разработан, рассмотрены те преимущества, которые могут быть получены при автоматическом управлении операцией шлифования.

В главе раскрыто современное состояние вопроса и поставлены задачи исследований. На основе критического анализа литературных данных определены основные задачи работы:

1. Разработать математическую модель операции круглого наружного шлифования, которая учитывает изменение состояния рабочей поверхности инструмента, позволяет рассчитывать параметры коррекции циклов обработки. На основе полученной модели исследовать возможность повышения эффективности операции.

2. Выбрать метод оптимизации и разработать метод расчета оптимальных циклов шлифования.

3. Разработать алгоритмы и программы для их расчета.

4. Произвести проверку адекватности математической модели реальным условиям шлифования.

5. Экспериментально исследовать работу по полученным данным.

Вторая глава посвящена аналитическому и экспериментальному исследованию изменения параметров состояния технологической системы.

В работе показано, что поставленная задача может быть решена традиционными методами. Основные трудности ее решения заключаются в разработке математических моделей изменения параметров состояния технологической системы и фазовых координат объекта производства.

С целью выбора наиболее существенно изменяющихся параметров состояния технологической системы выполнена декомпозиция операции шлифования, показано, что решение задачи оптимального управления в первую очередь связано с необходимостью учета изменения параметров состояния режущего инструмента. Изменения параметров станка приспособления, СОЖ могут быть учтены коррекцией значений входных переменных.

Текущее состояние рабочей поверхности инструмента определяется формой режущих кромок, их числом, распределением, формой инструмента, наличием на режущих кромках и в порах круга частичек обрабатываемого материала. В процессе обработки режущие кромки притупляются, на вершинах зерен появляются площадки износа. Обобщение имеющихся исследований позволило построить модель изношенной вершины абразивного зерна в форме параболоида вращения с усеченной вершиной. Учитывая, что для расчета параметров шероховатости поверхности, съема материала, сил резания, температур шлифования достаточно иметь данные по радиусу закругления вершины зерна в направлении перпендикулярном вектору скорости резания и величине длины площадки износа в плоскости, параллельной вектору скорости резания, получены зависимости для расчета размеров профилей абразивных зерен $b_{3\tau}$ и величин площадок износа I_3 для момента времени τ :

$$b_{3\tau} = C_b \left(\frac{t_\Phi - u}{t_\Phi - u - h_3} \right)^m \cdot h_\tau^m \quad [3]$$

$$I_3 = C_b \sqrt{(h_\tau + h_3)^{2m} - \left(\frac{t_\Phi - u}{t_\Phi - u - h_3} \right)^{2m} \cdot h_\tau^{2m}}, \quad [4]$$

где C_b - коэффициент пропорциональности;

m - коэффициенты формы зерна;

t_Φ - фактическая глубина резания;

u - расстояние от наиболее выступающей вершины зерна до рассматриваемого уровня по глубине инструмента;

h_3 - износ вершины зерна;

h_τ - координата точки профиля зерна от его изношенной вершины.

Для оценки адекватности полученных зависимостей проведены экспериментальные исследования. В работе описана методика исследований, приведены таблицы с результатами расчета и экспериментальными данными.

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало, что их отклонения не превышают 13%, что позволило рекомендовать зависимости [3] и [4] для практического применения.

Для расчета числа режущих кромок на единице поверхности в момент времени t получена зависимость:

$$n_{3t} = n_{30} - \int_0^k S_n d\tau + n_{3t} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta R} f(u) du \quad [5]$$

где n_{30} - число режущих кромок после правки круга рассчитывается по зависимостям А. В. Королева;

$f(u)$ - плотность распределения кромок на глубине инструмента;

ΔR - радиальный износ круга за время t ;

S_n - скорость разрушения кромок;

При выводе данной зависимости предполагалось, что в работу вступают все новые абразивные зерна, лежащие в слое толщиной ΔR , равной износу инструмента.

В результате дальнейшего анализа приведен расчет плотности распределения зерен по глубине с учетом их износа:

$$f_{\xi}(u') = C_{\xi} [u' + C_{\delta} u' \tau]^{\xi-1} (1 + C_{\delta} \tau) \quad [6]$$

$$C_{\xi} = \frac{\chi}{H_u}$$

где H_u - слой инструмента, в пределах которого производится подсчет зерен;

k - коэффициент формы зерна;

$$u' = u + h_3(u) - h_3(0),$$

u - координата уровня;

$h_3(u)$ - величина износа кромок уровня;

$h_3(0)$ - величина износа наиболее выступающих зерен;

τ - время износа зерен;

C_h - коэффициент зависимости.

Анализ полученной зависимости показал, что за период стойкости инструмента наиболее значительно плотность вероятностей изменяется для мягких кругов и кругов средней твердости. Для кругов, работающих в режиме затупления, она меняется незначительно. Графики плотности вероятности, полученные на ЭВМ, для различных условий шлифования приведены в работе.

Изменение профиля абразивного инструмента в плоскости, перпендикулярной оси вращения, наиболее полно исследовано в работах Татарнина Е. Ю. На основе этой модели в работе получена более упрощенная модель, описывающая состояние текущего радиуса вектора круга:

$$R(\gamma, t) = R_0 - \int_0^t \bar{S}(\tau) d\tau + A_k \cos(k\gamma + \psi_k) - \int_0^t A_{sl} \cdot \cos(l\gamma + \psi_{sl}) d\tau, \quad [7]$$

где R_0 - средний радиус вектор профиля сечения круга после правки;

$\bar{S}(\tau)$ - средняя скорость радиального износа;

A_k, ψ_k - амплитуда и фаза превалирующей гармоники исходного профиля;

A_{sl} - амплитуда превалирующей гармоники скорости износа инструмента;

ψ_{sl} - фаза e -й гармоники износа, принимается равной фазе колебательной составляющей радиальной силы резания по отношению к исходной волнистости круга.

Произведено сопоставление расчетного профиля инструмента с экспериментальным, показано, что полученная зависимость хорошо моделирует реальный профиль и может быть использована для инженерных расчетов.

Анализ предложенных зависимостей показывает, что в уравнениях для расчета формы, распределения режущих кромок, формы инструмента в качестве переменных входит износ режущих кромок и износ инструмента в

целом. Для раскрытия этих функционалов в диссертации получена зависимость износа вершины зерна за время τ , разработана методика численного расчета износа кромок и инструмента в целом.

$$h_3(\tau) = v h_0 \tau \int_{-L}^L P(\bar{M}) dz \quad [8]$$

где L - расстояние от основной плоскости до точки пересечение вершины зерна с уровнем $y=0$;

h_0 - величина относительного износа материала зерна ;

v - частота вращения абразивного инструмента.

$P(\bar{M})$ - вероятность неудаления материала на уровне, пересекаемом вершиной абразивного зерна.

В диссертации приведены расчетные зависимости износа наиболее выступающих зерен для различных условий шлифования, показано, что наибольшее влияние на износ оказывают величина относительного износа, фактическая глубина микрорезания, скорость абразивного инструмента.

В третьей главе произведены исследования эксплуатационных свойств абразивного инструмента за период его стойкости. Изучено влияние времени работы круга после правки на параметры состояния рабочей поверхности, производительность процесса, силы резания, параметры точности и шероховатости деталей, получено ряд коэффициентов и эмпирических формул, необходимых для выполнения численных расчетов сил резания, производительности операции, шероховатости поверхности, рассмотрено влияние характеристики абразивного инструмента на показатели процесса шлифования, произведена метрологическая оценка, приведены методики и результаты экспериментальных исследований.

Установлено, что основной из причин возрастания за период стойкости инструмента отклонений формы, волнистости и шероховатости деталей является неравномерный износ рабочей поверхности круга. Исследования подтвердили возможность выделения из суммы гармонических составляющих отклонений профиля инструмента, превалирующей гармоники, изменяющейся за период стойкости. Зависимости для расчета выходных

переменных профиля получены при исследовании кругов из электрокорунда белого различной зернистости I_e и твердости с изменением режимов резания. Результаты факторных экспериментов приведены в работе.

Получены также зависимости для расчета в различные моменты периода стойкости значений: среднего износа круга, силы резания, волнистости. Установлено, что с увеличением подачи S_y и зернистости I_0 волнистость на круге возрастает с большей скоростью. Меньшей твердости соответствуют меньшие значения $W_k \text{ ср}$ и $W_k \text{ max}$. Эксперименты подтвердили адекватность формализованных моделей, что позволило дать объективную оценку и определить область эффективного применения предложенных зависимостей.

В четвертой главе описана методика расчета параметров коррекции циклов обработки поверхностей, обеспечивающих получение заданного качества изделий при максимальной производительности или минимальной себестоимости процесса. На основе полученных во второй и третьей главах зависимостей проанализированы особенности построения функционалов, описывающих изменение фазовых координат объекта, технических ограничений и критерия эффективности для отдельных подсистем и системы в целом, предложена динамическая оптимизационная математическая модель, приведенная в таблице 1.

Разработанная модель имеет нелинейный вид, следовательно, при оптимизации режимов обработки могут быть использованы методы нелинейного программирования. Функция оптимизации модели зависит от двух переменных. Исследования функций такого вида показывают, что они монотонны, непрерывны и не имеют локальных экстремумов, однако, ряд ее параметров, выраженных в неявном виде, рассчитываются с помощью имитационного моделирования, что не позволяет использовать градиентные методы поиска. Одним из наиболее применяемых методов, в данном случае, является метод спирального покоординатного спуска (подъема).

Расчет циклов шлифования при обеспечении минимального машинного времени, с учетом всех ограничений, осуществляется следующим образом:

1. Рассчитывают параметры состояния рабочей поверхности инструмента после правки.

Вид зависимости	Зависимости математической модели	
изменение фазовых координат объекта и системы	$\Delta A_{cmj} = \Delta t_{\phi j} + \Delta r_{j-1} + \Delta R_{Rj};$ $\Pi_j = \Pi_{j-1} - \Delta r; \quad r_j(\alpha) = r_{j-1}(\alpha) - \Delta r_j(\alpha)$ $\Delta_j = r_{j\max} - r_{j\min}; \quad R_j = R_{j-1} - \Delta R_j;$ $H_j = \max(H_{j-1} - \Delta r_j; H_{rj});$ $T_j = \max(T_{j-1} + H_{j-1} - \Delta r_j - H_j; T_{pj})$ <p>где ΔA_{cmj} - межцентровое расстояние между кругом и заготовкой, $r_j(\alpha)$ - текущий радиус-вектор заготовки, Δ_j - величина пространственных отклонений, H_j - величина слоя, в котором распределена шероховатость, T_j - глубина дефектного слоя, Π_j - припуск после j-го контакта заготовки с кругом.</p>	
технические ограничения	$1. \Delta_N \leq \Delta_g; \quad 2. t_{\phi j} \leq \Pi_j + H_{gj}; \quad 3. T_j + H_j \leq \Pi_j + H_g + T_g$ $4. R_{aN} \leq R_{ag}; \quad 5. P_y \geq 0; \quad 6. P_y \leq P_{y\text{доп}};$ $7. S_y \geq S_{y\min}; \quad 8. S_y \leq S_{y\max}; \quad 9. V_k \geq V_{k\min};$ $10. V_k \leq V_{k\max}; \quad 11. V_u \leq V_{u\text{см}\max}; \quad 12. V_u \geq V_{u\text{см}\min};$ $13. V_k \cdot P_z \leq N_z \cdot \eta,$ <p>где Δ_{\max} - максимально допустимое отклонение, N_z - мощность электродвигателя привода круга, R_a - среднее арифметическое значение профиля, P_y - радиальная составляющая силы резания, S_y - поперечная подача, V_k - окружная скорость круга, V_u - окружная скорость детали.</p>	
критерий эффективности	<p>Вариант 1</p> $C_j = \frac{R + \pi \cdot D \cdot C_u \cdot B \cdot S_{Rj}}{\Delta \cdot n_j \cdot V_{uj} \cdot B};$	<p>Вариант 2</p> $t_{Qj} = \frac{1}{\Delta \cdot n_j \cdot V_{uj} \cdot B}.$

2. Рассчитывают скорость съема материала при минимальных значениях фактической глубины, подачи шлифовальной бабки, скорости заготовки.

3. Задают приращения поперечной подачи S_y и рассчитывают технологические показатели. Сравнивают полученные результаты с технологическими ограничениями. Если полученная точка фазового пространства оказывается за пределом достигнутой области, хотя бы по одному из параметров, то уменьшают величину приращения подачи до тех пор, пока точка не окажется в области допустимых значений.

4. Рассчитывают скорость съема материала при полученном значении S_y и сравнивают его с предшествующим. Если полученное значение оказалось больше предыдущего, то дают приращение по следующей переменной, в противном случае уменьшают величину приращения S_y до выполнения условия $Q_{\Sigma j} \geq Q_{\Sigma j-1}$.

5. Описанные выше процедуры повторяют для остальных переменных.

6. Нарастивают значения переменных до тех пор, пока не достигнут точки экстремума или точки границы максимально приближающейся к ней.

7. Рассчитывают величину износа выступающих режущих кромок. Рассчитывают параметры формы зерен их распределения на поверхности.

8. Рассчитывают параметры формы инструмента.

9. Изменение τ ($\tau_{i+1} = \tau_i + h_{\tau}$), коррекция выходных данных.

10. Для оставшегося припуска повторяют вычисления, приведенные выше, с учетом коррекций, полученных в результате вычислений.

После расчета цикла обработки первой заготовки (поверхности) рассчитывают цикл шлифования второй, третьей и т. д. заготовки периода стойкости инструмента.

Расчет циклов, обеспечивающих минимальную себестоимость обработки, осуществляется аналогично.

На основе разработанных алгоритмов в работе получены циклы автоматического управления, осуществлена их экспериментальная проверка.

Выполненные в диссертационной работе исследования показали достаточно высокую эффективность корректирующих циклов. При введении кор-

рекции производительность обработки увеличивается в среднем на 20 - 23%, в начальный период стойкости инструмента на 35-40%.

В связи с тем, что оптимальные циклы шлифования, предусматривающие возможность непрерывного изменения поперечной подачи, не могут быть реализованы на всех видах оборудования, в производственных условиях, кроме рассмотренной, может быть поставлена задача коррекции цикла без изменения его структуры.

Для ее решения введено понятие коэффициента коррекции цикла K_{S_i} , который для i -й обрабатываемой после правки заготовки равен отношению подачи, вычисленной с учетом фактического состояния рабочей поверхности режущего инструмента к соответствующей подаче конца периода его стойкости. При наличии управления по скорости изделия вводится соответствующий коэффициент коррекции скорости K_{V_j} . Такие коэффициенты вычислены для каждого участка цикла при обработке первой, второй, n -й заготовки. На основании вышеизложенного в работе была разработана методика расчета корректирующих циклов.

Предложенные методики и алгоритмы позволили производить расчеты высокопроизводительных циклов шлифования с учетом состояния рабочей поверхности инструмента и коэффициента коррекции для каждого этапа цикла за период стойкости инструмента.

В пятой главе изложены результаты экспериментальных исследований, приведены данные практического внедрения основных положений работы в производство. Разработанная математическая модель и методики расчета положены в основу программного модуля, являющиеся составной частью автоматизированной системы управления операцией круглого наружного шлифования. Алгоритм рационального управления процессом, описанный в четвертой главе, и программа аналитического расчета высокопроизводительных циклов апробированы на Мелитопольском моторном заводе.

Испытания предложенного программного обеспечения проводили при шлифовании шеек распределительного вала. Результаты испытаний приведены в диссертации в таблицах и в акте испытаний. По сравнению с обработкой без коррекции цикла дисперсия по размеру поверхностей уменьшилась в 1.2 раза, по радиальному биению в 1.25 раза, по

шероховатости поверхности в 1.23 раза. При этом производительность операции увеличилась на 20-25%.

Выполненные экспериментальные исследования подтвердили высокую эффективность коррекции цикла за период стойкости инструмента и соответствие значений коэффициентов коррекций экспериментальным, а также возможность широкого применения разработанных методик в автоматизированном производстве. Экономический эффект от внедрения выполненных исследований составил 150000000 крб. на один станок в год.

Основные выводы и рекомендации.

1. При внедрении автоматизированных систем процессов шлифования реализуются не все их потенциальные возможности, в связи с тем, что за основу берутся известные технологические решения и методы управления технологическим оборудованием без существенной их доработки и совершенствования. Одним из резервов повышения эффективности операций шлифования в автоматизированном производстве является коррекция цикла обработки заготовок за период стойкости инструмента.

2. При решении вопросов оптимизации и оптимального управления, операция шлифования должна рассматриваться как динамическая система. Особенностью операции является ее цикличность и значительное влияние возмущающих факторов. При каждом новом цикле изменяются параметры состояния технологической системы. Наименее стабильным элементом операции является абразивный инструмент, состояние которого изменяется за период стойкости между правками.

3. На основе принципов системного анализа и теоретико-вероятностного подхода разработана математическая модель операции шлифования, позволяющая проследить динамику изменения состояния рабочей поверхности инструмента за период его стойкости и рассчитывать выходные параметры. В процессе шлифования изменяются числа абразивных зерен, их распределения на глубине инструмента, форма режущих элементов. На вершинах абразивных зерен появляются площадки износа, в результате снижается режущая способность инструмента, увеличиваются силы резания. Операция шлифования настраивается на параметры круга - конца пе-

риода его стойкости. В начальный период после правки возможности инструмента используются неполностью.

4. Выполнена комплексная проверка качественной и количественной адекватности формализованных моделей операции круглого наружного шлифования. Для проверки адекватности использованы результаты более 80-ти опытов, что позволяет дать объективную оценку и область эффективного применения предложенных зависимостей.

5. Рассмотрены особенности расчета высокопроизводительных циклов круглого наружного шлифования при обработке деталей на автоматизированном оборудовании. При разработке моделей методик и алгоритмов учтено изменение состояния рабочей поверхности инструмента за период его стойкости. С целью повышения эффективности операций рекомендовано производить коррекцию всех этапов цикла для каждой последовательно обрабатываемой после правки поверхности и непрерывно изменять элементы режима резания на всех этапах цикла.

6. Для аналитического расчета параметров коррекции циклов на существующем оборудовании предложен коэффициент коррекции и методика его определения, произведены проверки расчета для типовых деталей силового агрегата. Сопоставление существующих циклов и циклов с коррекцией свидетельствуют о высокой эффективности метода учета состояния рабочей поверхности инструмента при проектировании операций шлифования.

7. Проведенные в производственных условиях экспериментальные исследования подтвердили высокую эффективность метода шлифования с коррекцией цикла за период стойкости инструмента. Производительность операций шлифования, выполняемых на автоматизированном оборудовании, увеличивается на 20-25%, стабильность параметров качества повышается по размеру поверхностей в 1.2 раза, по шероховатости поверхности в 1.23 раза.

8. На Мелитопольском моторном заводе внедрена методика расчета коэффициентов коррекции цикла шлифования за период стойкости инструмента и высокопроизводительные технологические процессы шлифования основных узлов силового агрегата автомобиля ЗАЗ-1102. Экономическая

эффективность от внедрения результатов работы составила 150000000 крб. в год.

По результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований опубликовано 8 печатных работ:

1. Грабовый В. М., Пономаренко А. Н.

Повышение производительности и качества при обработке деталей двигателей на операциях шлифования. - Киев, 1993, с. 24

2. Новоселов Ю. К., Грабовый В. М.

Влияние состояния рабочей поверхности инструмента на параметры цикла шлифования. - В кн.: Прогрессивная технология машиностроения. Днепропетровск, 1992, с. 52-53.

3. Новоселов Ю. К., Грабовый В. М.

Корреляция циклов шлифования с учетом состояния рабочей поверхности инструмента. - В кн.: Высокие технологии в машиностроении. Харьков, 1992, с. 108.

4. Новоселов Ю. К., Грабовый В. М.

Управление состояния рабочей поверхности абразивного инструмента при шлифовании. - В кн. Прогрессивные технологические процессы в механообработывающем и сборочном производстве. Санкт-Петербург, 1992, с. 44-45.

5. Братан С. М., Грабовый В. М.

Управление съемом припуска при абразивном и комбинированном шлифовании инструментальной керамики.

/ Высокопрочная керамика - производство и рынок : Тезисы докл. Республ. н. т. конференции. Севастополь, 1993, с. 16-17. /

6. Грабовый В. М., Новоселов Ю. К.

Повышение эффективности шлифования деталей двигателей.

/ Высокие технологии и достижение высокого уровня:

Тезисы доклада международного н. т. семинара Харьков - ХПИ - Алушта, 1993. /

7. Грабовый В. М., Новоселов Ю. К.

Оптимальное управление операциями шлифования

/ Высокие технологии : моделирование, оптимизация, диагностика . Тезисы доклада международного н.т. семинара Харьков - ХПИ - Алушта, "Интерпартнер - 95" 1995. /

В. Грабовый В.М., Слынько Г.И., Волчок И.П.

Повышение надежности и долговечности газораспределительного механизма ДВС. -В кн.: Проблемы повышения качества машин. Брянск, 1994, с. 44.

Грабовий В. М. Підвищення ефективності операцій шліфування в автоматизованому виробництві шляхом корекції циклу за період стійкості інструменту.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Севастопольський державний технічний університет.

Для досягнення поставленої мети, в дисертації вирішені наступні взаємопов'язані завдання:

- розроблена математична модель операції круглого зовнішнього шліфування, яка враховує зміни стану робочої поверхні і дозволяє розрахувати корекцію циклів оброблення;
- на основі одержаної моделі досліджена можливість підвищення ефективності операцій;
- обрано метод оптимізації і розроблена методика розрахунку оптимальних циклів шліфування;
- розроблені алгоритми і програми для їх розрахунку;
- здійснена перевірка адекватності моделі і циклів управління реальною умовою шліфування;
- розроблена промислова установка і здійснено запровадження одержаних результатів у виробництво.

Grabovy V. M. The efficiency increase of grinding operations by means of cycle correction in the course of durability period of instrument in automated production.

The Thesis for a bachelor's degree (Techn. sciences).

Sevastopol State Technical University.

To attain the intended purpose, the following correlated tasks are solved in the Thesis:

- the mathematical model of external cylindrical grinding is developed comprising the acting surface condition condition and permitting the calculation of correction the processing cycles; on the basis of said model achieved the possibility of operation efficiency increase is discovered and researched;
- the optimization method is selected and the methods of calculation the grinding cycles optimum are developed;
- the algorithms and programmes thereof are developed;
- the verification of the model and the control cycles correspondence to true grinding conditions was done;
- the industrial plant is developed and putting the achieved results into production practice is gained.

Ключеві слова: автоматизація, шліфування, стійкість інструменту, ефективність, оптимізація, моделювання, адекватність моделі, цикли управління.

Грабовый Василий Михайлович

"Повышение эффективности операций шлифования в автоматизированном производстве путем коррекции цикла за период стойкости инструмента".

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

1855

