

М414505

Министерство высшего и среднего специального
образования СССР

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

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

ЛЕВИН Валерий Алексеевич

УДК 531.717.08:621.922.002.2

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АБРАЗИВНЫХ
КРУГОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И
ЭКОНОМИЧНОСТИ КАЛАНДРОВАНИЯ

Специальность 05.02.11 - методы контроля
материалов, деталей, узлов, изделий и
сварных соединений

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1984

Работа выполнена в Уральском филиале Всесоюзного
научно-исследовательского института абразивов и
шлифования (УралВИИАШ)

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор ВОРОНЦОВ Л.Н.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор КОРСАКОВ В.С.

кандидат технических наук,
с.н.с. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ В.И.

Ведущее предприятие - Челябинский инструментальный
завод

Защита состоится " _____ " _____ 1984 г.
на заседании специализированного Совета К053.15.01.
при Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом
училище имени Н.Э.Баумана по адресу: г. Москва, 107005,
2-ая Бауманская ул.

Отзив на а
печатью, прссим
ученого секрета

С диссерт
МВТУ им. Н.Э. Б

Авторефер

Ученый сек

M417 505



1417505

Левин В.А. Разработка мето

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В решениях XXVI съезда КПСС ставятся задачи: "...ускорить внедрение автоматизированных методов и средств контроля качества продукции как составной части технологических процессов; создавать многофункциональные машины и оборудование, переналаживаемые при изменении технологических процессов, видов выпускаемых изделий...", обеспечить экономию материальных ресурсов".

В материалоёмком абразивном производстве, наряду с проблемой повышения качества продукции, остро стоит вопрос об экономии материалов абразивного инструмента. Одним из путей комплексного решения задачи является внедрение методов активного контроля размеров. Однако, ряд специфических особенностей производства — изнашивающая способность обрабатываемого материала, частая переналадка оборудования при переходе на производство разных типоразмеров изделий и др., препятствуют внедрению известных методов, требуют создания технологически гибкого активного контроля размеров, разработки новых алгоритмов управления. Таким образом, данная проблема в свете решений партии и правительства является актуальной.

Цель работы: повышение точности и экономичности одного из высокопроизводительных процессов — каландрования, путем разработки и внедрения методов технологически гибкого активного контроля геометрических параметров листовых заготовок абразивных кругов.

Основные задачи исследования: 1) исследование закономерностей формирования и анализ структуры технологических погрешностей геометрических параметров абразивных кругов при каландровании их заготовок; 2) теоретическое обоснование предлагаемых методов активного контроля толщины и разнотолщинности каландруемых заготовок абразивных кругов, оптимизация параметров автоподналадки; 3) разработка и реализация методов технологически гибкого активного контроля геометрических параметров кругов, экспериментальное исследование точности технологической системы с устройством

активного контроля; 4) промышленное подтверждение и анализ эффективности внедрения разработанных методов повышения точности и экономичности каландрования.

Задачи исследования отражают основные вопросы, выносимые на защиту настоящей диссертации.

Методика исследований. Для теоретических исследований использованы элементы теории больших технических систем и теории оптимального управления, теория точности технологических процессов и теория вероятностей. При проведении и обработке результатов эксперимента над реальными технологическими системами применены методы теории планирования экспериментов и номографирования. Для моделирования способов подналадки, оптимизации параметров и обработки данных использовались ЭВМ "Наири-К", "Минск-32", "ЕС-1030". Экспериментальные исследования проводились на лабораторном каландре КЛ-160, а в производственных условиях - на каландре А 600 К. Статистические и динамические метрологические характеристики преобразователей исследовались на специальных лабораторных стендах с применением современной контрольно-измерительной аппаратуры.

Научная новизна. Исследованы основные функциональные и причинно-вероятностные связи между геометрическими погрешностями абразивных кругов и влияющими технологическими факторами при каландровании. Теоретически обоснованы предложенные методы косвенного контроля разнотолщинности и асимметричной автоподналадки. На конкретных примерах реализованы методики оптимизации параметров асимметричной автоподналадки и эксплуатационных параметров измерительных преобразователей. На техническое решение одного из них получено авторское свидетельство.

Практическая значимость и реализация результатов работы. Предложены конкретные рекомендации по повышению точности каландрования путем уменьшения влияния доминирующих технологических факторов. Разработано устройство контроля параметров валков (УКПВ) каландра, реализующее метод косвенного контроля разнотолщинности. Разработано устройство активного контроля (УАК) толщины с блоком самонастройки, широкопредельными измерительными преобразователями,

электродинамическим тормозом и др., что в совокупности обеспечило технологическую гибкость контрольной системы в целом. Разработана электрическая схема, реализующая метод асимметричной автоподналадки, позволивший экономить на одном каландре 94,5 т формовочной смеси в год. Экономический эффект от внедрения устройств на Приволжском абразивном заводе составил более 72 тыс. рублей в год.

Апробация работы. Работа докладывалась и получила положительные оценки на научных семинарах кафедры АМ-4 "Метрология и взаимозаменяемость", МВТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; на научно-техническом совете Уральского филиала Всесоюзного научно-исследовательского института абразивов и шлифования, г. Челябинск; на Всесоюзных научно-технических конференциях: "Современные системы и средства управления работой металлорежущих станков", г. Свердловск, 1975г.; "Пути повышения производительности, качества и эффективности процессов абразивной, алмазной и эльборной обработки в машиностроении", г. Москва, 1976г.; "Проблемы обработки деталей машиностроения на станках с ЧПУ", г. Свердловск, 1983г.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе получено одно авторское свидетельство. По научно-исследовательской работе оформлен отчет.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка литературы из 163 наименований и приложения. Общий объем работы составляет 150 страниц машинописного текста, 54 рисунка, 17 таблиц. Сведения о внедрении приведены в приложении.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрывается актуальность проблемы разработки и внедрения методов технологически гибкого активного контроля геометрических параметров каландруемых абразивных кругов в свете решений партии и правительства о повышении качества продукции и экономии материальных ресурсов.

В первой главе приведен критический анализ известных методов активного контроля толщины и разнотолщинности движущихся листовых изделий, сформулированы задачи исследования, отражающие предмет защиты.

Активный контроль геометрических параметров абразивных кругов при каландровании разрабатывается впервые. Широкому внедрению известных методов активного контроля препятствовал ряд специфических особенностей абразивного производства, которые и предопределили выбор направления данной разработки. Так, например, прерывистость операции каландрования обусловила выбор методов автоподладки, разработанные для дискретных высокопроизводительных процессов механической обработки деталей машиностроения. Наиболее полно эти методы изложены в трудах советских ученых: Бурдуна Г.Д., Воронцова Л.Н., Волосова С.С., Высоцкого А.В., Кондрашевского В.В., Корсакова В.С., Невельсона М.С. и др. Технологическое непостоянство физико-химических свойств формовочной смеси не позволяет применять традиционные для непрерывного контроля бесконтактные методы: емкостные, радиоактивные, СВЧ-методы, акустические, а наличие распыленного в зоне контроля талька — оптические и пневматические методы. С другой стороны, учитывая невысокие скорости и перемещения листовой заготовки (14 м/мин), наличие гладкой (каландрованной) контролируемой поверхности, относительно нежесткое задание допусков на толщину и разнотолщинность (в среднем для разных типоразмеров допуск равен 0,4 мм), принято решение о применении не реагирующих на физико-химический состав контактных и виброконтактных методов. На эффективность эксплуатации последних указывалось в ряде научных исследований Кувшинского В.В., Печаяева А.С., Перфильева Г.Л., Скрагана В.А., Тромпета Г.М., Шушерича В.В. и др.

Для обеспечения гибкости технологической системы с УАК, в результате анализа известных технических решений была принята следующая стратегия: во-первых, разделить методы контроля толщины и разнотолщинности соответственно на прямой и косвенный; во-вторых, перекрыть диапазон контролируемых толщин диапазоном измерения жестко установленного преобразователя; в-третьих, ввести самонаст-

ройку уровней срабатывания по образцовым деталям. Известные прямые методы контроля разнотолщинности движущегося листового материала не могут быть применены при каландровании абразивных кругов, т.к. установка дополнительных измерительных преобразователей в зоне свободного перемещения заготовок снизила бы надежность всего процесса из-за недостаточной продольной жесткости листов, а также не обеспечила бы гибкости при переходе с одного типоразмера изделий по ширине и толщине на другой. Задача совершенствования косвенного метода - это разработка интегральной оценки разнотолщинности по геометрическим составляющим погрешностям валков.

Перспективным направлением на современном этапе развития методов контроля является совершенствование известных и разработка новых самонастраивающихся систем. В данной работе самонастраивающемуся устройству приданы две функции: широко применяемая функция компенсации систематических составляющих погрешностей контроля и функция быстрой и надежной перенастройки уровней срабатывания при изменении типоразмеров изделий.

Таким образом, приведенный в главе анализ показал, что в условиях абразивного производства поставленная цель может быть достигнута прежде всего путем решения задач повышения точностной надежности и гибкости технологической системы, разработки новых методов и алгоритмов управления, направленных на снижение удельного расхода материалов.

Во второй главе содержатся теоретические и экспериментальные исследования технологических погрешностей, приводящих к возникновению отклонений толщины и разнотолщинности - основных геометрических показателей качества абразивных отрезных кругов.

Исследования автора и систематизация априорной информации из работ инженера Бояршиновой Р.И. (УралВНИИАШ) позволяют классифицировать источники появления погрешностей каландрования абразивного инструмента. К главным из них относятся: непостоянство межвалкового зазора, изменяющегося под действием износа, деформации валков, лифтов в опорах и т.д., и нестабильность эластического восстановления толщины после выхода заготовки из межвалкового зазора ка-

ландра. Установлено, что последний, специфический фактор зависит как от случайно действующих (колебания плотности, пластичности, обхвата и др.), так и от детерминирующих (изменения температуры заготовок и валков) влияющих величин. На разнотолщинность, в основном, влияет геометрическая (статическая) точность каландра, зависящая от неравномерности износа по длине валков, от непараллельности межвалкового зазора (перекоса), прогиба, а также отклонения от круглости и биения валков.

В соответствии с теорией точности технологических систем, современный подход к анализу точности предусматривает статистическое разделение суммарной погрешности обработки на составляющие, что дает возможность научного подхода к обоснованию целесообразности и эффективности выбора метода контроля, позволяет выявить структуру и построить математическую модель формирования погрешностей. В работе разделение осуществлено путем полиномиальной аппроксимации детерминированной случайной составляющей. Критерием полноты разделения служил естественный признак случайности - физическая и статистическая независимость, выражающаяся в отсутствии корреляционной связи между отклонениями размеров.

Набор статистических данных осуществлялся в реальных производственных условиях Приволжского абразивного завода при изготовлении на каландре А 600 К наиболее массовой продукции - отрезных кругов диаметром 300 мм, 400 мм, высотой 3 мм, 4 мм. Всего было снято 14 реализацией процесса длительностью по 100...120 заготовок. Обработка данных производилась на ЭВМ ЕС-1030.

На основании анализа статистических характеристик процесса, графиков корреляционных функций составляющих суммарной погрешности, регрессионного и дисперсионного анализов сделаны следующие практические выводы: а) уже сами свойства пластичных формоочных смесей и законы течений вязко-упругих систем (эластическое восстановление, турбулентность, эффект нормальных напряжений) предопределяют возникновение погрешностей размеров абразивных кругов; б) установленные стационарность и эргодичность процесса позволяют находить его статистические характеристики по

одной реализации протяженностью не менее 250 изделий; в) линейный тренд от износа валков пренебрежимо мал по сравнению с систематической периодической составляющей и существенного значения между двумя последовательными подналадками каландра не имеет; г) математическое ожидание отклонений толщины случайного процесса, характеризующее центр группирования, расположено в области положительных отклонений, а соотношение между дисперсиями систематической и случайной составляющих равно 0,8, что свидетельствует о возможности эффективного управления процессом методами автоподналадки.

В третьей главе дано теоретическое обоснование метода косвенного контроля разнотолщинности и метода асимметричной автоподналадки, на конкретном примере рассмотрена методика оптимизации параметров подналадки.

Метод косвенного контроля разнотолщинности основан на зависимости между контролируемым параметром и геометрическими погрешностями каландра - отклонением формы и взаимного положения рабочих поверхностей валков, образующих калибрующий зазор. Установлено, что для условия:

$$\Delta h(t)_{\text{изн.}} + \Delta h(t)_{\text{деф.}} > |\Delta h(t)_{\text{пер.}}| \quad (1)$$

поперечную разнотолщинность можно определить по приближенной зависимости:

$$\Delta h(t)_{\Sigma} \approx 2 [\Delta h(t)_{\text{изн.}} + \Delta h(t)_{\text{деф.}} + 0,5 |\Delta h(t)_{\text{пер.}}|] \quad (2)$$

где $\Delta h(t)_{\text{изн.}}$, $\Delta h(t)_{\text{деф.}}$, $\Delta h(t)_{\text{пер.}}$ - геометрические составляющие погрешности, как функции времени t , вызванные, соответственно - неравномерностью износа по длине валка, деформацией прогиба и отклонением от параллельности межвалкового зазора (перекосом осей валков). Введены зависимости между этими составляющими и ординатами точек А и Б, расположенными на нерабочих участках профиля регулируемого валка и измеренными в системе координат с центром в средней точке профиля и осями, параллельными осям симметрии нерегулируемого валка, т.е.:

$$\Delta h(t_0)_{\text{изн.}} = 0,5 [Y_A(t_0) + Y_B(t_0)],$$

$$\Delta h(t_k)_{\text{пер.}} = |Y_A(t_k) - Y_B(t_k)|, \quad (3)$$

$$\Delta h(t_0, t_k) = Y_A(t_0 - t_k) + Y_B(t_0 - t_k),$$

где t_k, t_0 - соответственно: время каландрования и время холостого вращения валков. Таким образом, зная наибольшие за период одного цикла обработки ординаты точек А и В, по формуле (2) находится разнотолщинность.

Следует отметить, что традиционный путь экономии материалов при механической обработке - это повышение технологического запаса точности процесса и последующее смещение центра группирования (далее: ЦГ) размеров к нижней границе поля допуска, при этом, в силу действия многих случайных факторов, плотность распределения отклонений, как правило, симметрична относительно ЦГ. Автором выдвинута и доказана гипотеза о возможности дополнительного смещения ЦГ путем направленной деформации исходной плотности распределения так, чтобы коэффициент асимметрии принимал положительные значения, а критерий целевой функции соответствовал неравенству:

$$M(x) < \sqrt{3} / [\sqrt{2} + 2 D(x)], \quad (4)$$

где $M(x), D(x)$ - соответственно, математическое ожидание и дисперсия регулируемого процесса; $\sqrt{2}, \sqrt{3}$ - начальные статистические моменты 2 и 3 порядка. Управляющее воздействие при асимметричной подналадке по повторным K и $K + \Delta$ деталям (K - число выходов размеров за верхнюю границу регулирования - $X^B_{\text{рег.}}$, $K + \Delta$ - за нижнюю - $X^H_{\text{рег.}}$) выражается так:

$$U_{i+1} = A \sum_{i=K}^{n-1} \psi_i, \quad n - \text{объем партии деталей}, \quad (5)$$

$$\psi_i = \begin{cases} -1, & \text{если } x_i, x_{i-1}, \dots, x_{i-(K+1)} > X^B_{\text{рег.}} \\ 0, & \text{в остальных случаях,} \\ +1, & \text{если } x_i, x_{i-1}, \dots, x_{i-(K+\Delta)+1} < X^H_{\text{рег.}} \end{cases} \quad (6)$$

где A - постоянная по модулю величина подналадочного импульса, x_i - размер i -ой детали.

На примере подналадки по одной, обобщенной, границе регулирования - X_0 приведена методика определения ее положения по функции:

$$X_0 = f(K, \Delta).$$

Используя теорему о полной вероятности события и элементы теории цепей Маркова, установлены теоретические предпосылки асимметрирования плотности распределения. Для подтверждения теоретических выводов промоделирована подналадка процесса, имитируемого рядом нормально распределенных случайных чисел. Анализ результатов моделирования показал, что известный способ подналадки по повторным деталям ($K = 1, 2, 3$) эффекта смещения не дал, а асимметричная подналадка снизила ЦГ на 14% при незначительном (3,1%) увеличении поля рассеяния чисел (размеров).

Оптимизация параметров подналадки и сравнение ее эффективности с известными методами осуществлялись моделированием подналадки реального технологического процесса каландрования путем преобразования исходной последовательности отклонений толщины $\{x_i^I\}$ в итоговый ряд $\{x_i\}$ по алгоритму:

$$x_i = x_i^I + u_i \quad (7)$$

где $u_i = f(A, K, \Delta, X_{\text{рег.}}^B, X_{\text{рег.}}^H).$

Пять параметров в (7) оптимизировались методом планирования численного эксперимента при двух наложенных ограничениях: дисперсия регулируемого процесса не должна превышать дисперсию нерегулируемого; число выходов отклонений за границы поля допуска не должно превышать нормативно-допустимого. Адекватная регрессионная модель использовалась для построения графиков, необходимых для поиска области оптимума. Повторным моделированием при подстановке найденных оптимальных параметров в (7) установлено, что ЦГ сместился вниз на 0,116 мм (30%), а рассеяние размеров уменьшилось на 0,011 мм. Тем самым подтверждена эффективность предложенного метода асимметричной подналадки.

Четвертая глава посвящена разработке устройств активного контроля толщины и разнотолщинности каландруемых заготовок абразивных кругов в соответствии с теоретическими предпосылками и выводами предыдущих глав.

Разработкой предусмотрено два варианта метрологических схем. Первая предназначена для контроля изделий из легкодеформируемых материалов толщиной от 0,8 мм до 2,0 мм, не обладающих достаточной для свободного перемещения (без натяжения) продольной жесткостью. Контрольной базой служит выступающая над приемным столом каландра цилиндрическая поверхность прецизионного ролика. Измерение толщины осуществляется виброконтakтным генераторным преобразователем (ВКГП) с диапазоном измерения до 2,5 мм, измерительным усилием - 0,1 Н и нелинейностью - не более 1,5%. Для контроля заготовок толщиной свыше 2 мм разработан широкопредельный дифференциально-трансформаторный преобразователь (ДТП) с диапазоном измерения до 10 мм при нелинейности, не превышающей 0,5%, и габаритах - 140x128 мм. Два ДТП образуют "плавающую" систему с измерительным усилием до 0,5 Н, при этом нижний ДТП, кроме измерительной, несет дополнительную функцию датчика наличия заготовки и формирует сигнал начала контрольного цикла. Обе метрологические схемы допускают отрыв движущейся заготовки от поверхности стола на 3...5 мм без потери точности контроля.

Структурная схема УАК толщины содержит блок самонастройки уровней срабатывания по образцам. В режиме коррекции и перенастройки уровней аналоговый измерительный сигнал записывается на высококачественном конденсаторе, а в режиме контроля его текущее значение сравнивается с запомненным в схемах пороговых устройств, соответствующих верхней и нижней границам регулирования для каждого типоразмера. Преимущество такого запоминания - широкий диапазон измерительных сигналов. Накопление повторных импульсов и формирование команд на подналадку осуществляется в электронной схеме формирователя в соответствии с принятым алгоритмом управления. Усиленный сигнал подается на исполнительное устройство подналадчика.

Устройство контроля параметров валков (УКПВ) реализует косвенный метод контроля разнотолщинности. Измерение

ординат точек А и В осуществляется двумя ДП, закрепленными на консольной раме "плавающего" типа, свободно базирующейся одним концом на поверхность регулируемого вала. Алгебраическое сложение сигналов ДП производится в аналоговых суммирующих усилителях с применением развязывающей схемы. Остальные электронные блоки унифицированы с блоками электронной схемы УАК толщины и собраны на современной микроэлектронной технике серии К 140, 155, 198, 553. Контроль параметров, не поддающихся регулированию, т.е. износа и деформации валков, осуществляется по показывающему прибору, а контроль отклонения от параллельности межвалкового зазора, кроме того, сопровождается автоматической подналадкой.

Отличительная особенность автоподналадчика - регулирование одновременно двух контролируемых параметров: толщины и отклонения от параллельности межвалкового зазора с помощью релейной схемы управления, обеспечивающей согласование восьми режимов работы подналадчика в зависимости от порядка поступления и знаков импульсов с УАК толщины и УКПВ. Исполнительное устройство содержит электродламический тормоз, позволивший уменьшить выбег вала электродвигателя более чем в 25 раз.

Таким образом, разработанные устройства обладают требуемой технологической гибкостью, реализуют целевую функцию управления, содержат оригинальные решения и выполнены на современном техническом уровне.

Пятая глава содержит экспериментальные исследования точности разработанных методов активного контроля. Приведена классификация поэлементных погрешностей по признаку последовательности (причин) их возникновения.

Основное внимание в главе уделено изучению методических и инструментальных погрешностей. К первой группе относится погрешность косвенного метода контроля разнотолщинности, которая определялась путем сопоставления результатов двух способов измерения: определением поперечных профилей листовых заготовок с помощью универсального измерительного инструмента и опытно-расчетным по показывающим приборам УКПВ в соответствии с методикой главы 3. Экспериментально установлено, что данная погрешность является

самой большой составляющей (8%) и объясняется, в основном, приближенностью расчетных зависимостей из-за принятых допущений, например, не учтено влияние эффекта Вейссенберга. Методическая погрешность контроля толщины без учета остаточного эластического восстановления, вызванного релаксацией внутренних напряжений в материале заготовки, определена путем регистрации процесса восстановления с помощью аналогового преобразователя перемещений и быстродействующего самописца Н 339. Показано, что 98% восстановления заканчивается через 1,0...1,5 с после снятия нагрузки, при этом относительная погрешность контроля не превышает 4%. Отмечено, что погрешность от деформации материала заготовки под действием измерительного усилия ДПП, определенная опытно-расчетным способом, составляет пренебрежимо малую величину ($6 \cdot 10^{-4}$ мм).

В группе инструментальных доминирующими поэлементными погрешностями являются аддитивная и мультипликативная составляющие для измерительных преобразователей и погрешность от дрейфа образцового сигнала в блоке памяти в режиме контроля. Исследования метрологических характеристик преобразователей производились на стенде, изготовленном на базе малого инструментального микроскопа. Установлено, что предельная относительная погрешность преобразователей не превышает 2,1%. Определены динамические характеристики ВКП - динамическое измерительное усилие (0,01...0,5 Н) и время переходного процесса колебательной системы (0,1...1,4 с). На основании этих исследований предложена методика назначения конструктивных и эксплуатационных параметров ВКП с применением номограммы и графиков. Величина дрейфа определена путем периодического измерения цифровым гальтметром В7-27А/1 напряжения на запоминающем конденсаторе. Дрейф составляет 1% в час от начального значения (4В). Следовательно, периодичность поднастройки уровней срабатывания составляет 1...2 часа, что соответствует технологическому циклу калибрования, в перерывах между которыми имеется возможность производить самонастройку. Исследовались также статическая неустойчивость срабатывания релейной части компаратора, суммарная динамическая вариация отработки подналадочного импульса и другие факторы. Экспериментальные ис-

следования точности проведены с применением современной контрольно-измерительной аппаратуры.

Сравнительный анализ составляющих погрешностей показал, что наибольший удельный вес имеют методические погрешности. Предельная относительная погрешность УАК толщины составляет 0,12, а УКТВ - 0,14. Учитывая специфику абразивного производства и многофункциональный характер разработанных методов контроля, точность устройств следует признать удовлетворительной.

В шестой главе описаны промышленные испытания и приведен анализ технико-экономической эффективности внедрения разработанных методов контроля.

Внедрение устройства УАК-Д1 на каландре КЛ-160 в производственных лабораториях Уральского филиала Всесоюзного научно-исследовательского института абразивов и шлифования повысило точность, информативность и достоверность контроля геометрических параметров кругов на вулканитовой связке, что в конечном итоге способствовало росту эффективности научных разработок.

Промышленные испытания проведены в производственных условиях и по действующей технологии Приволжского абразивного завода-основного в нашей стране производителя абразивного инструмента на вулканитовой связке. Объектом контроля выбрана наиболее массовая продукция завода - отрезные круги диаметром 300 мм и 400 мм, обрабатываемые на каландре А 600 К. Набор статистических данных производился как при работе автоподналадчика, так и без него. Сравнительный анализ результатов испытаний показал, что разнотолщинность кругов при каландровании с устройством контроля параметров валков уменьшилась в среднем на 40%, а отклонения толщин - на 0,09 мм. Асимметричная автоподналадка снизила центр группирования толщин на 0,15 мм, т.е. в среднем на 30% от величины поля допуска.

ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Исследованы причины возникновения геометрических погрешностей абразивных кругов при каландровании и установлено, что совершенствование существующего технологичес-

кого процесса необходимо осуществлять по двум направлениям: уменьшением поля рассеяния толщин и разнотолщинности изделий и снижением удельного расхода формовочной смеси. При этом основным технологическим резервом повышения точности каландрования является стабилизация факторов, вызывающих непостоянство эластического восстановления толщины, и в первую очередь, температурного режима обработки.

2. Предложена статистическая модель формирования отклонений толщин при каландровании. Модель адекватна стационарному процессу и содержит случайную и периодическую функциональную составляющие. Учитывая наличие значительной систематической составляющей погрешности (45...50% от общей), а также циклический характер обработки (4...6 с), для существенного повышения точности каландрования рекомендуются методы автоподналадки.

3. Теоретически обоснован и рекомендуется к применению в материалоемком абразивном производстве метод асимметричной автоподналадки, направленный на смещение центра группирования толщин изделий к нижней границе поля допуска. Смещение достигается за счет асимметричной деформации плотности распределения толщин путем задания разных условий формирования: увеличивающего и уменьшающего размеры подналадочных импульсов. Реализация метода позволяет сэкономить 94,5 тонны формовочной смеси в год.

4. Оптимизацию параметров асимметричной автоподналадки целесообразно производить с помощью математического моделирования подналадки реального технологического процесса каландрования и планирования численного эксперимента. Предложенная методика позволяет количественно оценить влияние каждого параметра на смещение центра группирования отклонений и достигнуть наибольшей эффективности метода при минимальных затратах на разработку.

5. Технологическая гибкость устройств активного контроля толщины каландруемых абразивных изделий, необходимая при частой смене типоразмеров, достигнута за счет самонастройки уровней срабатывания при одновременном применении непереналаживаемых аналоговых измерительных преобразователей, диапазон измерения которых перекрывает диапазон

контролируемых толщин. Самонастраивающаяся система не только уменьшила ряд эксплуатационных погрешностей контроля, но и существенно повысила надежность и удобство настройки.

6. Контроль разнотолщинности предложено осуществлять косвенным методом на основе интегральной оценки погрешностей формы и взаимного положения рабочих поверхностей валков каландра. Метод основан на измерении ординат двух точек профиля регулируемого вала, а его реализация позволила упростить измерительную позицию УАК толщины, что способствовало повышению надежности контроля в целом.

7. В качестве измерительного преобразователя при дискретном контроле толщины пластичного листового материала, не обладающего необходимой продольной жесткостью, рекомендуется применять разработанный виброгенераторный преобразователь ВКПН-2Л (А.С. 327970), обеспечивающий свободный захват измерительного наконечника на движущуюся заготовку без его предварительного арретирования и обладающий малым измерительным усилием (0,1 Н), исключаям деформацию материала.

8. Экспериментальными исследованиями элементарных погрешностей контроля установлено, что основным направлением повышения точности является уменьшение методических составляющих от применения косвенного контроля разнотолщинности (8%) и от остаточного эластического восстановления толщины (3,9%). Эти погрешности необходимо уменьшать введением усредненных по типоразмерам поправок в расчет исполнительных размеров настроечных образцов.

9. Самонастраивающееся устройство активного контроля геометрических параметров абразивных кругов внедрено на поточной линии Приволжского абразивного завода, что позволило повысить точность каландрования в среднем на 30% и снизить удельный расход формовочной смеси в среднем на 4%. Экономический эффект от внедрения контрольного устройства на каландре А 600 К составил 72 тыс. рублей в год.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Лесин В.А., Нечаев А.С. Исследование зависимости измерительного усилия виброконтактного датчика от режимов

его работы.- В кн.: Современные системы и средства управления работой металлорежущих станков.- Свердловск, 1975, с. 39-40.

2. Статистический анализ состояния поверхности абразивного инструмента/ В.А.Левин, А.С.Нечаев, С.К.Розин и др.- В кн.: Пути повышения производительности, качества и эффективности процессов абразивной, алмазной и электроабразивной обработки в машиностроении.- М., 1976, с. 215-217.

3. Левин В.А., Нечаев А.С. Перспективы применения виброконтрастного метода измерения в абразивной промышленности.- Абразивы, 1976, №3, с. 18-22.

4. Левин В.А. Устройство для контроля отклонений размеров и форм деталей типа кругов, дисков.- Информ. листок/ Челябинский ЦНТИ, 1980, №141-80.- 4с.

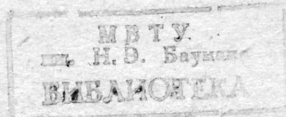
5. Автоматизированное устройство для контроля геометрических параметров крупногабаритных отрезных кругов/ В.А.Левин, А.С.Нечаев, В.А.Дудин и др.- Абразивы, 1981, №11, с. 21-25.

6. А.С. 827970 (СССР). Виброконтрастный генераторный преобразователь для профилирования поверхностей/ Авт. изобрет. В.А.Левин, А.С.Нечаев. Оpubл. в Б.И., 1981, №17.

7. Левин В.А., Воронцов Л.Н., Нечаев А.С. Самонастраивающееся устройство активного контроля толщины каландруемых заготовок абразивных кругов.- В кн.: Методы и средства технического контроля в машиностроении.- Омск, 1982, с. 146-150.

8. Левин В.А., Нечаев А.С. Программное управление положением центра группирования размеров деталей.- В кн.: Проблемы обработки деталей машиностроения на станках с ЧПУ.- М., 1983, с. 19-21.

Левин



ФБ 31276. Подписано и печати 7.05.84г.
Тираж 100 экз. Зак. 3066. Объем 1п.л.
Отпечатано на роталпринте ЧГрп.