М 389679

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 правах рукописи

СТРЕЛЬНИКОВ Владимир Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва - 1982

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель – заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор Корсаков В.С.

Официальные оппоненты – заслуженный деятель науки и техни РСФСР, доктор технических наук, профессор Чарнко Д.В.

кандидат технических наук, доцент Стародубов В.С.

Ведущее предприятие – НПО ОРГСТАНКИНПРОМ

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1389679
Стрельников В.И.Исследова

Защита диссертации состоится "31" мая 1982 г. на заседании специализированного Совета шифр К 053.I5.I5 Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э. Баумана по адресу: I07005,Москва Б-5, 2-я Бауманская ул,д.5.

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

Ваши отзывы и
заверенные печатью у
адресу.

Автореферат раз

Ученый секретарь
специализированного С
кандидат технических
доцент

М389679

194083 Подп.к печ
Ротапринт МВТУ. I07

Актуальность темы. В решениях XXУI съезда КПСС большое внимание уделено снижению себестоимости изготавливаемых на машинах изделий, повышению эффективности конечных результатов труда. Отмечается необходимость значительно поднять технический уровень, обеспечить повышение производительности металлорежущих станков в I,3-I,6 раза и их точности на 20-30 процентов.

Станки с ЧПУ являются основным средством автоматизации механической обработки в мелкосерийном и серийном производстве. На этих станках обычно обрабатываются только жесткие детали и, в том числе, ступенчатые валы. В то же время нежесткие валы составляют до 40% от общего количества изготавливаемых валов. При обработке таких валов на токарных станках происходят значительные упругие деформации заготовки, что снижает точность обработки и приводит к возникновению интенсивных вибраций.

Большая трудоемкость размерной наладки станка, составляющая до 40% от общей трудоемкости обработки партии деталей, также затрудняет использование токарных станков с ЧПУ.

Высокоэффективная работа станков с ЧПУ достигается повышением точности обработки, в результате чего сокращаются припуски на последующую финишную обработку и снижается трудоемкость последней. Это позволяет высвободить оборудование и рабочих, занятых на отделочной обработке. Повышая режимы резания при обеспечении заданной точности, можно также поднять эффективность обработки нежестких деталей.

№ 389679

Возрастающие требования к точности изготовления деталей и шероховатости их поверхности, необходимость автоматизации производства предопределяют актуальность данной работы, направленной на расширение технологических возможностей токарных станков с ЧПУ.

Цель работы. Разработка и исследование способа точной высокопроизводительной обработки нежестких ступенчатых валов на токарных станках с ЧПУ на основе совмещения процессов управления упругими деформациями обрабатываемой заготовки и размерного контроля. Создание опытного устройства и системы управления для реализации предложенного способа.

Методы исследования. Работа выполнена по комплексной методике, включающей теоретические методы и экспериментальные исследования. Теоретические исследования точности обработки проводились на базе научных основ технологии машиностроения и теории

МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

резания металлов, применялись методы теории вероятности и прикладной математики, основ технических измерений, теории автоматического управления.

Экспериментальные исследования выполнены на специально созданном стенде на базе станка I6K20TI с оперативной системой управления "Электроника НЦ-3I" с использованием различных приспособлений, современной измерительной и регистрирующей аппаратуры, специально созданных электронных систем. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им.Н.Э.Баумана и в производственных условиях.

Научная новизна. Предложен новый оригинальный способ обработки нежестких валов на токарных станках с ЧПУ на основе совмещения процессов управления упругими деформациями заготовки и размерного контроля в ходе обработки. Определены основные технологические факторы, влияющие на точность обработанных деталей и качество их поверхности при использовании следящего устройства на токарном станке с ЧПУ. Выполнены комплексные исследования точности, выявлены и изучены закономерности образования погрешностей обработки, получены расчетные зависимости для определения ожидаемой точности обработки при использовании разработанных следящих систем.

Практическая ценность. Предложены способы и средства технологического обеспечения заданных точности диаметрального размера и шероховатости поверхности нежестких валов при обработке на токарных станках с ЧПУ. На основе проведенных исследований разработаны конкретные требования к конструктивным параметрам следящего устройства, выявлены характеристики его основных узлов и деталей. Даны рекомендации по условиях проведения и режимам обработки нежестких валов для обеспечения высоких показателей производительности и точности, стабильных параметров качества обработанных поверхностей. Установлена область рационального применения следящего устройства.

Предложено автоматическое устройство для размерной наладки станка на диаметральный размер, изучена точность его работы при различных вариантах использования. Разработаны рекомендации по проектированию управляющих программ обработки с использованием следящих систем. Проведена практическая проверка работы устройства и системы управления в лабораторных и промышленных условиях на партии деталей.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им.Н.Э.Баумана, на Юбилейной У-й Всесоюзной межвузовской научно-технической конференции "Научные основы автоматизации производственных процессов, управления качеством в машиностроении и приборостроении", г.Москва, декабрь 1979 г., на научно-технической конференции "Комплексная механизация и автоматизация механической обработки в мелкосерийном производстве", г.Ленинград, май 1980 г., на научно-техническом семинаре "Поверхностный слой, точность и эксплуатационные свойства деталей машин и приборов", г.Москва, октябрь 1980 г., на научно-технической конференции "Управление качеством в механосборочном производстве", г.Пермь, 1981 г.

Объем работы. Диссертация изложена на 142 страницах машинописного текста, включающих введение, пять глав, выводы по главам и общие выводы. Содержит 18 таблиц, 101 рисунок и список литературы из 115 наименований.

Публикации. Основной материал диссертации освещен в четырех статьях.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен анализ литературных и производственных материалов, посвященных проблеме точности и производительности обработки деталей типа "вал" на токарных станках с ЧПУ.

Объектом исследования является процесс обработки нежестких валов на токарных станках с ЧПУ, оснащенных следящими устройствами, обеспечивающими высокую точность диаметральных размеров и низкую шероховатость обработанной поверхности.

В балансе суммарной погрешности обработки нежестких деталей превалируют две погрешности – погрешность, обусловленная упругими деформациями обрабатываемой заготовки, составляющая 40...80%, и погрешность размерной настройки, достигающая 10...30%. Есть два пути повышения точности – управление упругими деформациями в технологической системе во время обработки и повышение точности размерной наладки путем автоматизации процесса наладки непосредственно на станке.

Снижения погрешности обработки от упругих деформаций добиваются либо их стабилизацией, либо уменьшением. Для станков с ЧПУ наиболее приемлемым способом стабилизации деформаций является обработка на станках с адаптивным управлением, развитию кото-

рой посвящены работы, выполненные в МОССТАНКИНе под общим руководством Б.С.Балакшина.

Проведена классификация предлагаемых способов обработки валов с уменьшением упругих деформаций. Выявлено два основных метода: использование автоматических двухопорных люнетов, разработанных Чебоксаровым В.В., Имкеловым В.М. и применение многорезцовых схем обработки, предлагаемых Неговым В.Б. и др. При обработке по этим схемам деформации заготовки в процессе резания возникают вследствие погрешности компенсирования сил резания. В случае применения автоматических двухопорных люнетов зона резания остается открытой, модернизация станка заключается в установке на его суппорте люнета. Для реализации многорезцовой схемы обработки требуется существенная модернизация станка, осложняется наладка, ухудшаются условия стружкоотвода. Точность обработки не превышает 10÷11 квалитета. Наиболее перспективным для чистовой обработки является способ обточки с использованием автоматического двухопорного люнета.

Рассмотрены различные способы автоматической настройки инструмента и контроля диаметральных размеров применительно к токарным станкам с ЧПУ. Наиболее совершенные системы автоматической настройки разработаны Бурцевым В.М. и Климовым И.М. на основе использования индуктивных датчиков, Тульчинским Л.Б., применившим лазерную систему контроля. Общим недостатком является их сложность, необходимость предварительной настройки.

На основе классификации и анализа различных способов измерения диаметрального размера установлено, что наиболее перспективен для размерной наладки и подналадки в процессе обработки на токарных станках способ обкатки мерным роликом. Этот способ исследовался ранее Ивановым Б.М., Трутень В.А., Кукиным Е.И. и другими применительно к измерениям диаметрального размера крупногабаритных деталей. Точность измерения диаметра при этом составляет до 0,01-0,02 мм.

В диссертации решались следующие задачи:

1. Разработать технологические основы способа обработки нежестких ступенчатых валов на токарных станках с ЧПУ на основе управления процессами упругих деформаций заготовки и размерного контроля, создать необходимые устройства и систему управления.

2. Исследовать точность измерения диаметральных размеров способом обкатки мерным роликом в условиях обточки нежестких валов на токарных станках средних размеров, выявить возможные ва-

рианты размерной наладки станка с помощью разработанных устройств.

3. Экспериментально исследовать точность размеров и качество поверхности валов, обработанных на токарном станке с ЧПУ, оснащенном следящими системами, определить зависимость между погрешностями обработки и параметрами режима обработки, выявить интервалы рациональных условий обработки.

4. Определить конструктивные параметры и основные требования к техническим средствам реализации предлагаемого способа обработки и разработать рекомендации по проектированию и эксплуатации промышленного варианта следящих систем.

Во второй главе проведены исследования и анализ доминирующих составляющих суммарной погрешности обработки с применением следящих систем, на основе чего даны рекомендации по их уменьшению. Как выявлено, на точность обработки наибольшее влияние оказывают следующие ее составляющие: погрешность настройки, погрешность закрепления и погрешность позиционирования.

Установлено, что накопленная погрешность позиционирования для станков типа 16К20ТI с тиристорными электроприводами при увеличении числа перемещений суппорта во время обработки партии деталей достигает значений 0,06 мм. Уменьшение этой погрешности достигается либо поднастройкой в цикле обработки, либо контролем положения суппорта в исходной точке. Допуск на диаметральные размеры валов, как правило, меньше, чем на осевые. Поэтому для обеспечения заданной точности диаметрального размера необходимо производить поднастройку в процессе обработки, что наиболее рационально делать на предпоследнем рабочем ходе. Необходимая точность осевых размеров обеспечивается при контроле положения суппорта в исходной точке.

Изучены погрешности установки, возникающие при закреплении нежестких валов на центрах от осевой силы зажима. Экспериментально определены величины поперечных упругих деформаций при вращении по длине заготовок от действия осевой силы закрепления и поперечной силы, которую прикладывали в середине заготовки.

С целью обеспечения возможности обработки всех периферийных поверхностей вала, его устанавливают на центра, применяя поводковый передний центр. При закреплении обрабатываемого вала продольной силой (посредством пиноли задней бабки) рифления центра вдавливаются в торцовую плоскость вала и передают крутящий момент во время обработки. Поэтому станки оснащаются приводом выдвижения пиноли задней бабки, развивающим продольное усилие 8-10 кН.

Поперечные деформации вала от осевой силы зажима в сечении около передней бабки не превышают 0,02 мм, в сечении около задней бабки и в середине вала зависят от осевой силы, если ее величина превышает I кН, достигая значений 0,065 мм. Это объясняется упругими деформациями (разворотом) задней бабки и вала. Снижение поперечных деформаций заготовки достигается при установке на центра с продольной силой зажима, не превышающей I кН. На основании анализа схемы закрепления вала и тепловых деформаций элементов технологической системы станка показано, что для закрепления вала достаточно приложить силу, равную 0,5...I кН. Для компенсации тепловых деформаций в пиноль задней бабки необходимо встраивать упругий элемент с ходом I мм (для станков средних размеров) вдоль оси центров станка.

Далее исследована точность наладки станка на размер при использовании измерительной системы, входящей в состав следящего устройства, показанного на рисунке. Мерой точности является величина погрешности, поэтому в работе изучена структура суммарной погрешности наладки и величины ее составляющих. Погрешность размерной наладки является следствием дискретного характера информации о фактическом размере заготовки и о величине перемещений суппорта, а также упругих деформаций технологической системы. Суммарная погрешность наладки на размер определяется по формуле:

$$\Delta_{H\Sigma} = \sqrt{\lambda_1(\Delta_u)^2 + \lambda_2(\Delta_{поз})^2 + \lambda_3(\Delta_{ну})^2 + \lambda_4(\Delta_{пр})^2},$$

где $\Delta_{H\Sigma}$ - суммарная погрешность наладки; Δ_u - погрешность измерения; $\Delta_{поз}$ - накопленная погрешность позиционирования суппорта; $\Delta_{ну}$ - погрешности, вызванные различием упругих деформаций во время измерения и чистового рабочего хода; $\Delta_{пр}$ - погрешности преобразования информации о диаметральном размере; $\lambda_1 \div \lambda_4$ - коэффициенты, зависящие от формы кривых распределения соответствующих параметров.

Погрешность $\Delta_{пр}$ определяется структурой и алгоритмом работы электронных блоков, их дискретностью. Она складывается из погрешностей датчиков и устройств счета, не превышая значений I...3 мкм. Для обеспечения минимального значения погрешности, вызванной упругими отжатиями, измерение надо производить с теми же параметрами резания, что и на последующем ходе.

Накопленная погрешность позиционирования для станка I6K20TI увеличивается с увеличением числа ходов, поэтому необходимо так размещать цикл размерной наладки в структуре операции, чтобы

обеспечить минимальное число перемещений до чистового хода. В этом случае накопленная погрешность позиционирования не превышает 0,005...0,010 мм.

Погрешность измерения зависит от метода и режима его проведения. В работе использован метод измерения размера обкатной мерным роликом. Обычно по этому методу определяют количество оборотов ролика за заданное количество оборотов детали, затем рассчитывается диаметр детали. В отличие от известных, по разработанному способу измеряется число оборотов детали за заданное количество оборотов мерного ролика, которое в опытах менялось от 2 до 16. Это существенно упрощает конструкцию узла, несущего мерный ролик, и позволяет использовать в качестве датчика количества оборотов детали имеющийся на станке с ЧПУ датчик для резьбонарезания.

Размер детали определяется по зависимости:

$$d = DM/m \quad ,$$

где d, D – диаметр соответственно детали и мерного ролика, мм; M – заданное число оборотов мерного ролика; m – измеренное число оборотов детали.

Погрешность измерения диаметра детали разработанным способом определяется по следующей зависимости:

$$\Delta_u = \sqrt{\lambda_1(\Delta_\alpha)^2 + \lambda_2(\Delta_\beta)^2 + \lambda_3(\Delta_{упр})^2 + \lambda_4(\Delta_{ск})^2 + \lambda_5(\Delta_t)^2 + \lambda_6(\Delta_{изн})^2 + \lambda_7(\Delta_c)^2 + \lambda_8(\Delta_\phi)^2} \, ,$$

где Δ_α, Δ_β – погрешности измерения из-за неточной установки мерного ролика относительно детали; $\Delta_{упр}$ – погрешность из-за упруго-пластических деформаций ролика и детали; $\Delta_{ск}$ – погрешность, вызванная упругим проскальзыванием мерного ролика относительно детали; Δ_t – погрешность, обусловленная температурными деформациями; $\Delta_{изн}$ – погрешность от размерного износа мерного ролика; Δ_c – погрешность, вносимая устройством счета; Δ_ϕ – погрешность, обусловленная геометрическими отклонениями формы детали; $\lambda_1 \div \lambda_8$ – коэффициенты, зависящие от формы кривых распределения соответствующих параметров.

Величины элементарных погрешностей измерения зависят от физико-механических свойств материала измеряемой заготовки и режимов измерения. Их определение рассмотрено в диссертации. Они не превышают нескольких микрометров.

Экспериментальные исследования проводились применительно к деталям диаметром 45+150 мм. Изучено влияние на точность измерения таких технологических факторов, как частота (окружная скорость) вращения детали, подача, сила прижатия мерного ролика к

детали и изменение этой силы, шероховатость поверхности, а также возможность самоустановки мерного ролика относительно детали. При исследовании зависимости погрешности измерения от величины варьирования усилия прижима ролика к детали под погрешностью измерения понималось изменение показаний диаметрального размера при изменении силы прижима. При усилии прижатия ролика к детали, равном 100...150 Н и выше, колебания силы прижатия, амплитуда которых равна возможным колебаниям силы резания, не сказываются на точности измерения.

В работе исследовано влияние формы рабочей части ролика на точность измерений при включенной подаче. Установлено, что при радиусной форме и при ширине цилиндрического пояска на периферии ролика менее 0,2 мм точность измерений не стабильна и составляет 0,02...0,05 мм. При ширине цилиндрического пояска на рабочей части ролика от 3 до 6 мм точность измерения на режимах, соответствующих чистовой обработке, достигает 0,007 мм и не зависит от ширины пояска.

Во время наладки на диаметральный размер проводится обточка, и, одновременно, измерение диаметрального размера и передача этой информации в УЧПУ. При этом по командам от датчика, установленного на мерном ролике 2 (см. рис.), соответствующим полным оборотам ролика, происходит счет импульсов, поступающих с датчика 3, установленного на шпинделе станка и выдающего 1000 импульсов за один оборот. В случае совпадения результатов измерения в двух циклах измерения происходит перекодировка информации о величине диаметрального размера, передача его в блок оперативной памяти УЧПУ и дальнейшая его переработка. Точность наладки, определенная экспериментально, при этом составляет 0,02 мм и соответствует расчетной. Время, необходимое на наладку, определяется по зависимости:

$$t = \frac{L}{V} + \frac{l_0}{sN} + \frac{l+B}{sN} + \frac{Kn}{iN} \quad ,$$

где t – время наладки, мин; L – расстояние от исходной точки до заготовки, мм; V – скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин; l_0 – путь врезания, определяемый геометрией инструмента и глубиной резания, мм; s – подача, мм/об; N – частота вращения шпинделя, об/мин; l – расстояние от вершины резца до ближнего торца мерного ролика, мм; B – ширина мерного ролика, мм; n – количество оборотов мерного ролика в цикле измерения, K – коэффициент, учитывающий возможность сбоя при измерении,

$K = 2 \div 3$; i – коэффициент редукции, $i = 1 \ldots 3$

Время наладки не превышает 1÷2 мин.

Использование разработанной системы настройки на размер позволяет повысить точность настройки до 0,02 мм. Наиболее рациональной формой мерного ролика является цилиндрическая со сферическими фасками и шириной рабочей части 3...6 мм. Усилие прижима ролика к детали должно быть не менее 100÷150 Н.

В третьей главе теоретически и экспериментально исследована точность обработки нежестких валов при использовании следящих систем, изучена работа следящего люнета.

Системы автоматического управления (САУ) разработаны для многих типов станков. Сложились определенные принципы их проектирования, освещенные в трудах советских ученых Б.С.Балакшина, В.А.Бессекерского, Г.Н.Бурдуна, С.С.Волосова, А.А.Воронова, В.Н.Подураева и др. При создании САУ необходимо учитывать требования как технологического, так и конструктивного характера.

В соответствии с целью работы, разработана система автоматического управления, состоящая из двух параллельно работающих контуров: системы компенсации упругих отжатий заготовки посредством следящего по силе резания люнета и системы автоматической наладки на заданный размер. Конструктивно и функционально системы объединены в одно устройство.

При работе станка происходит обточка детали 4. Державка 5 двухопорного автоматического люнета прижимается к детали. Посредством датчиков 1 и 3, а также блока 6 и преобразователя кода 7, происходит измерение диаметра детали и корректировка положения резца в процессе обработки посредством привода поперечной подачи станка 8. Сигнал от датчиков радиальной составляющей силы резания 9 и силы давления люнета 10 подается в блок сравнения 11. Сигнал рассогласования поступает в усилитель 12, управляющий работой электродвигателя 13. Последний вращает через редуктор 14 винт 15, изменяя силу давления люнета посредством упругого элемента (плоской пружины) с датчиком 10. Таким образом, радиальная составляющая силы резания уравновешивается силой давления люнета.

В работе проведен динамический анализ работы следящего люнета. На основе анализа составленной структурной схемы получены передаточные функции для разомкнутой и замкнутой САУ люнетом. В диссертации дан расчет передаточных коэффициентов звеньев САУ на основе методов теории автоматического управления. С помощью полученных передаточных функций можно на этапе проектирования следящего люнета рассчитать его основные характеристики и определить

необходимые параметры его основных частей – электродвигателя, редуктора и др.

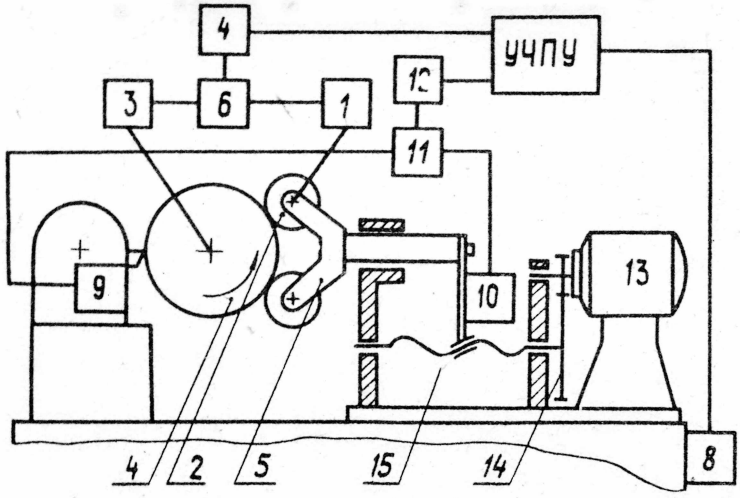


Рис. Схема следящего устройства для токарных станков с ЧПУ.

На основе силового анализа предлагаемого способа обработки проведено теоретическое обоснование способа и выбрано управляющее воздействие на систему автоматического управления. Для выбора управляющего воздействия можно принять радиальную силу резания, состоящую из четырех частотных составляющих:

$$P(t) = P + P_1(t) + P_2(t) + P_3(t),$$

где P – постоянная составляющая; $P_1(t)$ – составляющая, изменяющаяся с изменением глубины резания вдоль заготовки; $P_2(t)$ – составляющая силы, изменяющаяся с изменением глубины резания в течение одного оборота детали; $P_3(t)$ – случайная составляющая силы резания.

Назначая управляющее воздействие для САУ, необходимо обеспечить быстродействие системы, достаточное для внесения компенсирующего воздействия исполнительным элементом системы, в рассматриваемом случае – изменение силы давления люнета. Поэтому в качестве управляющего фактора принята сумма первых двух частотных составляющих силы резания, изменяющаяся достаточно медленно.

В результате экспериментов установлено, что после предварительной обработки две последние частотные составляющие радиальной силы резания значительно уменьшаются, что позволяет не учитывать их колебания в процессе обработки.

Упругие деформации технологической системы при изменении радиальной составляющей силы резания можно определить, сделав допущения, что опоры люнета находятся в плоскости действия силы и продольная сила зажима мала (поперечные деформации от нее равны нулю), по зависимости:

$$\Delta_y = \Delta P \left[\frac{1}{J_{cyn}} + \frac{1}{J_л + \dfrac{1}{\dfrac{(1+z/\ell)^2}{J_{зб}} + \dfrac{(z/\ell)^2}{J_{пб}} + \dfrac{z^2(\ell-z)^2}{3EJ\ell}}} \right],$$

где ΔP – величина изменения радиальной составляющей силы резания; J_{cyn} – жесткость системы резец – суппорт; $J_л$ – жесткость люнета; $J_{пб}$, $J_{зб}$ – жесткости передней и задней бабок станка; ℓ – длина вала; z – координата положения резца по длине вала; E, J – модуль упругости и момент инерции поперечного сечения заготовки.

Первое слагаемое характеризует упругие отжатия системы резец – суппорт, второе – отжатия обрабатываемого вала. При скорости изменения силы резания, не превышающей быстродействия следящего люнета, его жесткость, теоретически, бесконечно велика. Деформации заготовки, как видно из формулы, равны нулю. В случае большой скорости изменения силы резания, жесткость соответствует жесткости его упругого элемента.

В результате проведенных исследований выявлена целесообразность применения электромеханического привода следящего люнета. Датчиком измерительной системы служит серийно выпускаемый фотоэлектрический преобразователь ВЕ-178. В качестве датчиков сил используются динамометрические узлы на базе бесконтактных индуктивных датчиков конструкции МВТУ им.Н.Э.Баумана. Упругие деформации заготовок податливостью до 0,15 мкм/Н при применении следящего люнета снижаются в 2,5...3 раза.

Параллельно со следящим люнетом во время обточки работает система автоматической наладки. В диссертации приведен алгоритм работы системы автоматической наладки, разработаны различные способы подключения к системе ЧПУ и разные методы введения коррекции.

Погрешность размера вала в сечении, где произошла коррекция, определяется по зависимости:

$$\Delta = \sqrt{\lambda_1(\Delta_{изм})^2 + \lambda_2(\Delta_{поз})^2 + \lambda_3(\Delta_{зад})^2} \quad ,$$

где $\Delta_{изм}$ - погрешность измерения и обработки информации; $\Delta_{поз}$ - погрешность позиционирования; $\Delta_{зад}$ - погрешность, обусловленная разностью диаметрального размера в сечениях резания и измерения; $\lambda_1 + \lambda_3$ - коэффициенты, зависящие от формы кривых распределения соответствующих параметров.

Погрешность $\Delta_{зад}$ при нормальном характере износа резца близка к нулю.

Проведены экспериментальные исследования по определению точности деталей, обработанных на токарном станке модели I6K20TI с ЧПУ "Электроника НЦ-3I" при использовании следящих систем. Точность обработки определялась в зависимости от технологических факторов при разных режимах работы следящих систем - при совместной работе обоих контуров управления и при работе только следящего люнета или измерительной системы. На основании этих исследований рекомендуется следующий цикл обработки нежестких деталей. Предварительная обработка с использованием измерительной системы следящего люнета с режимами резания V = 50+70 м/мин; $t \leqslant 3$ мм; S = 0,I5...0,2 мм/об. Затем чистовой проход с использованием только следящего люнета с режимами V = 70+90 м/мин; t = 0,8+I мм; S = 0,I5...0,2 мм/об. Для обеспечения высокой производительности обработки рекомендуется напуск снимать продольными проходами на наибольшую возможную длину, что сокращает количество переустановок люнета со ступени на ступень.

Для проверки обеспечиваемой точности была обработана партия валов в количестве 25 штук диаметром 48 мм и длиной 600 мм. В качестве заготовки использовался прокат из стали 45. Обрабатывались 3 шейки в середине и по краям заготовки в два прохода. Режимы резания на первом проходе: N = 400 I/мин; S = 0,2 мм/об; = I,5 мм, на втором проходе: N = 560 I/мин; S = 0,2 мм/об; = 0,8 мм. После измерения обработанных заготовок строились кривые распределения для каждой шейки. Вид кривых соответствовал нормальному закону. Определялись значения среднеквадратичного отклонения.

При оценке по правилу "шести сигм" точность обработки для среднего сечения составила 0,031 мм. По краям заготовки точность обработки выше на 10...15%. Смещения уровня настройки по сравнению с крайними шейками не происходит.

Таким образом, следящие люнеты целесообразно оборудовать электроприводом. Статическая жесткость люнета должна быть максимальной. Разработанное устройство, конструктивно оформленное в виде автономного узла, может служить образцом для проектирования промышленной модели следящих систем. Упругие отжатия заготовок при использовании разработанных систем снижаются в 2,5÷3 раза, точность обработки достигает $0{,}03^{T}$ мм.

В четвертой главе изучено качество поверхности деталей, обработанных с использованием следящих систем - шероховатости и физико-механических свойств поверхностного слоя. Даны рекомендации по проектированию и применению следящих систем, показаны перспективы их дальнейшего развития.

При изучении шероховатости определялась ее зависимость от варьирования силы давления люнета, от глубины резания, окружной скорости вращения детали и подачи.

Экспериментально установлено, что при обработке валов с использованием следящих систем шероховатость поверхности, подвергшейся обкатке, в 1,5...2 раза ниже, чем обточенной.

В результате исследований рекомендуется для обеспечения шероховатости поверхности Ra = 0,4...0,8 мкм проводить обработку со следящими системами на режимах: V = 50...90 м/мин; t = 0,5...2 мм; S = 0,15...0,2 мм/об.

В работе проведено сравнительное исследование микротвердости поверхностного слоя деталей, обработанных со следящим люнетом и без него. Упрочняющего эффекта не обнаружено, что объясняется малой величиной силы давления люнета.

В диссертации разработаны рекомендации по рациональному использованию разработанных следящих систем, принципам их эксплуатации. Рассмотрен перевод роликов люнета с одной ступени обрабатываемого вала на другую. Для этого люнет имеет механизм перемещения вдоль линии центров станка. Когда резец подходит к следующей ($i+1$) ступени, люнет автоматически смещается по направлению к задней бабке станка (на величину $(l+\delta)$. Процесс резания при этом не прерывается и после обточки i -й ступени резец переходит на ($i+1$) ступень. Ступень обтачивается на

длину ($l+в$). После этого подача отключается, державка с роликами отводится от детали, люнет перемещается и ролики люнета подводятся к ($i+1$) ступени детали. Затем обработка продолжается.

Штучное время при обточке с использованием люнета изменяется на время перестановки люнета с одной ступени на другую, оно определяется по формуле:

$$t_{шт} = t_o + t_в + к t_п ,$$

где $t_o, t_в$ - основное и вспомогательное время; $к$ - количество обрабатываемых ступеней; $t_п$ - время перевода люнета со ступени на ступень, состоит из времени отвода и подвода роликов люнета к детали и времени перемещения люнета вдоль детали, $t_п$ = = 0,3...0,5 мин.

Время обработки партии деталей определяется по формуле:

$$T_{пар} = T_{пз} + T_{ус} + T_{нс} + t_{шт} n ,$$

где $T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время, $T_{ус}$ - время установки на станок устройства, I0...I2 мин; $T_{нс}$ - время наладки устройства (выверка его положения, контроль работы), I5...20 мин; n - число заготовок в партии, шт.

Необходимо отметить, что подготовительно-заключительное время существенно сокращается за счет наладки резцов на диаметральный размер с помощью измерительного устройства, входящего в следящие системы.

В процессе обработки контроль работоспособности следящих систем можно проводить по индицируемому значению диаметра обрабатываемой детали. Применение следящих систем упрощает использование токарных станков с ЧПУ, не требует высокой квалификации операторов.

При подготовке управляющих программ необходимо программировать переходы подвода и отвода державки с роликами к детали, а также ее перевод на другую ступень. Это достигается введением в программу на каждый переход одного буквенно-цифрового адреса, что обусловлено введением в устройство следящих систем цикловой автоматики.

В диссертации показана перспектива дальнейшего развития следящих систем путем совершенствования отдельных блоков. Также показаны способы использования для обработки различных типов нежестких деталей, что достигается установкой различных державок с роликами.

В пятой главе проведено обоснование технико-экономической эффективности метода обработки нежёстких валов с использованием следящих систем. Расчёт произведён на основе сравнения обработки группы деталей с использованием следящих систем и по базовому варианту, в качестве которого принят заводской технологический процесс. Маршрут обработки по базовому варианту состоит из обточки на станке с ЧПУ, предварительного и окончательного шлифования. Группа состоит из трёх типов деталей по 20 шт. Технико-экономические показатели определены из условия обработки 500 групп деталей в год.

Экономический эффект, получаемый за счёт исключения предварительного, а в ряде случаев и окончательного шлифования, повышения режимов резания при обточке, составляет 2500 рублей на один станок. Трудоёмкость механической обработки снижается при этом в I,6 раза, себестоимость уменьшается на 30%.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Для повышения точности и производительности обработки нежёстких деталей на токарных станках с ЧПУ целесообразно использовать следящие системы, стабилизирующие положение оси заготовки уравновешиванием силы резания люнетом и производящие размерный контроль и наладку.

2. Установлено, что колебания силы резания и упругих деформаций заготовок представляют собой комбинацию функциональной и случайной составляющих. Управление необходимо производить по функциональной составляющей силы резания, определяемой изменением припуска по длине заготовки.

3. Для обеспечения высоких результатов по точности и шероховатости обработанных поверхностей нежёстких заготовок, на всех рабочих ходах, кроме последнего, необходимо использовать оба контура управления следящих систем – измерительную систему и следящий люнет. Последний рабочий ход надо выполнять после размерной наладки с использованием следящего люнета на режимах: V = 70÷90 м/мин., t = 0,8÷I мм, S = 0,I5÷0,2 мм/об. Предварительную обработку необходимо производить на режимах: V = 50÷70 м/мин., $t \leq 3$ мм, S = 0,I5÷0,2 мм/об.

4. Разработанная система автоматической наладки исключает влияние большинства технологических факторов на точность выполняемых размеров. Точность наладки определяется характеристиками привода станка. Для станка мод. I6К20ТI она соответствует двум дискретам перемещения суппорта.

5. Следящие системы обеспечивают автоматическую работу и наладку станка с ЧПУ, применимы на других типах токарных станков.

6. При применении следящих систем достигается точность обработки нежестких деталей по 6÷7 квалитетам и шероховатость их поверхности R_a = 0,4÷0,8 мкм. Эффекта упрочнения поверхностного слоя не наблюдается.

7. При обработке на станке жестких деталей с успехом может применяться измерительная система для размерной наладки инструмента на диаметральный размер и для активного контроля диаметра в процессе обработки.

8. Повышение точности обработки нежестких валов на токарных станках с ЧПУ позволяет уменьшить припуск на шлифование на 30...40% или отказаться от него, что сокращает трудоемкость отделочных операций.

9. Применение следящих систем на токарном станке с ЧПУ позволяет снизить трудоемкость в 1,6 раза и себестоимость обработки нежестких деталей на 30% за счет уменьшения припуска на шлифование или отказа от него. Экономический эффект при этом составляет 2500 руб. на единицу оборудования при обработке нежестких ступенчатых валов диаметром 40÷80 мм на токарных станках средних размеров.

Содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

1. Корсаков В.С., Бурцев В.М., Стрельников В.И. Высокоточная обработка валов на токарных станках с ЧПУ в условиях мелкосерийного производства.-В кн.: Комплексная механизация и автоматизация механической обработки в мелкосерийном производстве: Материалы научно-технической конференции. Ленинград, 1980, с.38-41.

2. Корсаков В.С., Стрельников В.И., Бурцев В.М. Повышение точности и качества поверхности нежестких валов при токарной обработке на станках с ЧПУ.- В кн.:Поверхностный слой, точность и эксплуатационные свойства деталей машин и приборов: Материалы семинара. Москва, 1980, с.112-115.

3. Корсаков В.С., Стрельников В.И. Технологические возможности оснастки, используемой для повышения жесткости валов, обрабатываемых на станках с ЧПУ.- В кн.: Проблемы совершенствования технологической оснастки в машиностроении: Тезисы докладов региональной научно-технической конференции. Фрунзе, 1981, с.1-3.

4. Стрельников В.И. Автоматизация размерной наладки токарных станков с программным управлением.- В кн.: Управление качеством в механосборочном производстве: Тезисы докладов конференции, Пермь, 1981, с. 158-160.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА