

М 491681

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ
Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

АБИШЕВ Ержан Айтжанович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ
ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОПЕРАЦИЙ ЧИСТОВОЙ
ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПО КРИТЕРИЮ
ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Специальность:

05.02.08 - Технологии машиностроения

05.03.01 - Процессы механической и
физико-технической обработки,
станки и инструмент

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1990

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

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент Р.К.Медеряков

Официальные оппоненты - Д.т.н., проф. В.С.Камалов
к.т.н., доц. В.В.Плешаков

Ведущее предприятие - Московский инструментальный
завод

Защита диссертации состоится "29" ноября 1990 г.
на заседании специализированного совета К 053.15.15 в
Московском государственном техническом университете
им.Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманс-
кая ул., дом. 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ

имен

э, заверенный

печа

199 г.

Учен

канд

доц

еряков

М 491 691

ем I п.л.

Тир.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В соответствии с последними решениями Правительства СССР намечается более ускоренное развитие машиностроительной отрасли. Взяв курс на повышение ее технического уровня, качества машиностроительной продукции, как важнейшего фактора интенсификации экономики. Пути решения этих задач связаны с внедрением прогрессивной технологии, где немалую роль играют надежное обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин.

В настоящее время ряд эксплуатационных свойств деталей машин в первую очередь определяются параметрами шероховатости поверхности (ПШП). Поэтому возможность технологического управления (ПШП) в достаточно широких пределах, а соответственно их надежное обеспечение является насущной задачей. Вместе с тем, на практике металлообработки нередки случаи, когда в качестве окончательной операции при обработке деталей типа тел вращения используют токарную обработку вместо процесса шлифования, из-за наличия некоторых недопустимых недостатков, присущих ей (прижоги, микротрещины и т.д.). Однако и этому методу обработки присущи определенные недостатки. Прежде всего, высокая трудоемкость из-за стремления к применению достаточно низких значений подач. Вместе с тем, при чистовом точении твердосплавными инструментами наблюдается стремительное снижение технологической стойкости резца по шероховатости поверхности детали (ТСШ), как правило, на участке начального износа. Это происходит при обработке материалов, склонных к образованию так называемого канавочного износа на вершине инструмента. Образование таких канавок с определенной глубиной h_k (достигающих до 20 мкм) и является главной причиной низкой ТСШ. Нередки случаи, когда из-за этого приходится прерывать процесс резания даже при обработке одной детали для замены инструмента, т.е. имеет место низкая эффективность использования твердосплавного инструмента.

Поэтому исследования, направленные на разработку новых и совершенствование существующих способов повышения ТСШ и производительности при чистовой и тонкой токарной обработке, являются актуальными.

Целью работы является разработка способов управления условиями работы технологической системы в начальный и установившийся периоды, обеспечивающих снижение трудоемкости и повышение технологической стойкости резца по шероховатости поверхности детали.

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1491691

Абишев Е.А. Разработка и ис



I

при чистовой токарной обработке.

Методы исследований. В работе применялись производственные, теоретические и экспериментальные исследования. Исследование и разработка математических моделей процесса, отражающие физические закономерности формирования микрогеометрии поверхностного слоя, базируется на основных положениях технологии машиностроения, теории резания и методах математического планирования эксперимента. При обработке экспериментальных данных и оценках их достоверности использованы методы математической статистики с широким использованием ЭВМ. Экспериментальные исследования проводились на станках 16К20Т1, 16К20П, ФТ-II с широким использованием современной контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратур. Определение эффективных условий чистового точения с учетом производительности и надежности обеспечения требуемых ПШП осуществлялось методами нелинейного математического программирования.

Научная новизна. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлены закономерности, определяющие совместное влияние геометрических параметров инструмента, режима резания и физико-механических характеристик используемых материалов на низкую ТШП. На базе выявленных закономерностей разработаны способы управления процессом резания (А.С. №1491659). Установлены их технологические закономерности и область применения. Разработана методика оптимального назначения варьируемых подач для реализации вышесказанных способов управления.

Обоснован нетрадиционный подход при нормировании микро рельефа поверхности, сформированной резцом с дополнительной кромкой (РДК) параллельной оси центров. На основе теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости, определяющие влияние технологических и геометрических факторов на ПШП.

Практическая ценность. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по технологическому обеспечению требуемых ПШП деталей, в виде пакетов прикладных программ, которые позволяют повысить эффективность использования режущего инструмента и производительность чистового точения.

Реализация работы. Результаты исследований использовались при выполнении научно-исследовательской работы, направленной на повышение ТШП при чистовом точении и приняты к внедрению Московским инструментальным заводом. Ожидаемый годовой экономический эффект

составит 4258 рублей.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на научных семинарах кафедры "Технология автоматизированного механосборочного производства" МТУ им. Н.Э.Баумана в 1985-1990 гг; на Всесоюзной научно-технической конференции "Интеграция технологических процессов механической обработки", Ленинград, 1986г.; на краевой научно-технической конференции "Повышение производительности и качества продукции в условиях автоматизации машиностроительного производства", Барнаул, 1985г.

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 3 печатные работы, в том числе 1 авторское свидетельство на изобретение.

Объем работы. Диссертация изложена на 150 страницах машинописного текста и состоит из введения, шести глав с выводами и общих выводов по работе. Содержит 112 рисунков, список литературы из 111 наименований, 5 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, приведена характеристика ее направленности и научной новизны, сформулированы приложения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрено современное состояние проблемы обеспечения ПШП деталей типа тел вращения, обоснован выбор объекта и поставлены задачи исследования.

В качестве объекта исследования принята операция чистового точения деталей типа тел вращения твердосплавными резцами. Исследовались получающиеся при этом ПШП. В их число вошли наиболее значимые для большинства эксплуатационных свойств деталей машин ($R_a, R_z, R_{max}, t_p, S_m, R_p, t_{\phi}, t_{\phi T}$).

Анализ проведенных ранее исследований показал, что имея достаточно большие резервы в плане эффективного использования, твердосплавные инструменты не нашли широкого применения на практике чистового и тонкого точения. Вместе с тем, чистовая токарная обработка на тех режимах резания, которые обычно используются на практике, имея ряд преимуществ (в плане обеспечения более широкого диапазона ПШП) над абразивной обработкой, не может пока вытеснить ее на финишных операциях в силу наличия определенных недостатков (низкая производительность, тяжелые условия работы и т.д.). Уста-

новлено, что одним из главных недостатков, проявляющихся при этом, является низкое значение ТСШ. Причем, это имеет место только при обработке материалов, склонных к образованию канавочного износа, который в свою очередь и является причиной низкой ТСШ. Канавочный износ предполагает наличие канавок на вершине резца глубиной с шагом расположения равным той подаче S , на которой происходит процесс резания. Между глубиной канавок h_k на резце и высотными ПШП существует тесная корреляционная связь. Если учесть, что своего максимального значения h_k достигает, как правило, на участке начального износа (начальный период работы технологической системы) и в дальнейшем практически не изменится, то вполне объяснимы низкие значения ТСШ.

Анализ исследований, посвященных проблеме обеспечения ПШП также показал, что практически всем применяемым на практике окончательным методам обработки деталей типа тел вращения присущ общий недостаток – узкий диапазон технологически обеспечиваемых ПШП.

Вместе с тем, результаты многих работ указывают на улучшение условий обработки по мере увеличения значений подач.

На основании проведенного анализа, исходя из поставленной цели, были сформулированы следующие основные задачи:

1. Выявить экспериментальным путем физические закономерности протекания процессов формирования системы ПШП в связи с условиями работы инструмента.

2. Разработать технологические способы управления ПШП в широком их диапазоне. Проведение экспериментальных исследований с целью определения оптимальных условий токарной обработки.

3. Разработать математическое, программное обеспечение для оптимального управления формированием ПШП технологическими способами.

Во второй главе изложены методика проведения исследований и обработки опытных данных, применяемая аппаратура, результаты экспериментального изучения причин низкой ТСШ при чистовом точении. Дано описание использованных приборов. В качестве материала инструмента использовались твердые сплавы – MCIII (P10-I50); MC24I (K15-I50); T15K6; T3OK4; BK6; BK8; MC318 (K20I50); P18. Геометрические параметры инструментов ($\alpha, \beta, \gamma, \alpha, \alpha, \varphi, \varphi$) изменялись в достаточно широких пределах. В качестве обрабатываемого материала в основном использовались стали трех различных групп – 45,

Для получения статистически приемлемых результатов количества опытов принято равным 20-ти. Обработка полученных данных осуществлялась общепринятыми методами математической статистики с использованием критериев Стьюдента, Фишера и др.

Проведенные эксперименты подтвердили положение о том, что причиной низкой ТЧШ является образование канавочного износа, представляющего собой ряд вертикальных параллельных между собой канавок на вершине резца. Причем шаг их расположения равен рабочей подаче S_p . Между глубиной этих канавок h_k и высотными ПШШ существует тесная корреляционная связь. Коэффициент корреляции при этом достигает высоких значений ($r = 0,905-0,940$), причем его значения увеличиваются по мере интенсификации режима резания. Установлено, что значение h_k в значительной степени определяется подачей S , скоростью резания V и физико-механическими характеристиками обрабатываемого и режущего материалов. Причем, изменение значения h_k по времени описывается функцией гиперболического тангенса и своего максимального значения достигает в начальный период работы технологической системы. В зависимости от величины требуемых высотных ПШШ деталей, значения во всех случаях не превышали 20%-30% от периода стойкости T , что говорит о низкой эффективности использования твердосплавного инструмента при чистовом точении. Вместе с тем, экспериментально установлено, что геометрические параметры резца ($\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \varphi_1$) практически не влияют на образование канавочного износа.

В третьей главе на основе результатов теоретико-экспериментального исследования образования канавочного износа разработаны способы управления процессом резания с целью повышения ТЧШ.

Экспериментальное подтверждение получило ранее выдвинутое рядом авторов положение о том, что канавки на вершине резца образуются преимущественно за счет истирания наклепанными остаточными гребешками (микровыступами) на поверхности детали, которые образовались в результате пересечения дугообразных "следов" вершины резца радиусом R . Другим подтверждением этому служит то обстоятельство, согласно которому существует некоторое граничное значение подачи ($S_{1p} = 0,17$ мм/об), при превышении которого не происходит образования канавочного износа. Т.е. в этом случае теряется контакт остаточных гребешков с вершиной резца.

С целью сглаживания волнообразного профиля на вершине резца, образующегося в результате появления канавочного износа, были проведены эксперименты, суть которых заключалась в следующем. Сначала на нем резцом с радиусом при вершине $R = 1,1$ мм велась обработка на некоторой подаче $S_1 = 0,08$ мм/об до образования отчетливого канавочного износа на вершине резца в виде четырех канавок, что было зафиксировано фотографией. Затем, при тех же условиях обработки был осуществлен переход на другую подачу $S_2 = 0,14$ мм/об, после чего вершина резца (уже с шестью канавками), также была сфотографирована. Тщательное сравнение фотографии и взаимное наложение двух профилей позволило "выделить" отчетливые следы канавок как от первой (в количестве 4-х), так и от второй (в количестве 2-х) подач. Образование третьей канавки от S_2 не произошло, т.к. отсутствовал контакт остаточного гребешка (микровыступа) с вершиной инструмента. Причем расстояние между двумя первыми канавками, образовавшихся соответственно после работы на S_1 и S_2 равно их разности, т.е. $\Delta S = S_2 - S_1$. Аналогичная закономерность получила экспериментальное подтверждение при использовании и других комбинаций подач. Вышеописанная закономерность явилась основой для разработки способа управления процессом резания (подтвержденный многочисленными экспериментами), заключающийся в следующем. Вначале новым резцом имеющим определенный радиус при вершине R осуществляли процесс резания на некотором пути резания $L_{\text{нач}}$ с начальной подачей $S_{\text{нач}} (0,05-0,1$ мм/об) до устойчивого образования канавочного износа на вершине резца с максимальной глубиной канавок h_{k0} . Затем, не прерывая процесс резания производилось ступенчатое увеличение подачи (с шагом равным дискрете механизма продольной подачи станка) до максимально возможного значения $S_{\text{max}} = S_{2p} (0,17-0,19$ мм/об), при дальнейшем превышении которого не происходило образования канавочного износа. Причем работа на каждой варьируемой подаче ведется до тех пор, пока глубина канавок h_{ki} , образующаяся при работе на соответствующей подаче S_{var} не сравняется по величине с h_{k0} , соответствующая $S_{\text{нач}}$.

В результате такого варьирования подач произошло "сглаживание" всех выступов образовавшихся на вершине резца после работы на $S_{\text{нач}}$ и сформировалась дополнительная кромка длиной l_k , параллельная оси центров. Т.е. резец перешел в новое качественное состояние, т.к. отсутствуют такие его геометрические параметры как φ_1 и R . Это условие позволяет вести чистовую обработку на повышенных подачах, что практически исключено при работе обычными резцами, имеющими ра-

диус при вершине R . Этот способ беспрепятственно реализован в случае работы на станках с ЧПУ, т.к. они имеют бесступенчатую коробку подач.

Вместе с тем, реализация в таком виде этого способа ("мелкоступенчатого") не лишена некоторых недостатков. В частности, этот способ трудно реализовать на универсальных станках, ввиду отсутствия возможности подискретного варьирования подач. Кроме того, анализ вышеописанной закономерности показал, что можно резко сократить время варьирования подач за счет назначения минимального количества подач, которых будет достаточно для сглаживания канавок на вершине резца.

Прежде чем решать такую оптимизационную задачу необходимо было выбрать целевую функцию, а затем и методику ее решения. С этой целью волнообразный профиль вершины резца образовавшийся после работы на $S_{нп}$ был аппроксимирован синусоидальной функцией вида

$$y_n = A \left\{ 1 - \frac{1 + \cos \omega_n x}{2} \right\}^{P_n}, \quad (I)$$

где A - амплитуда кривой, равная глубине канавок h_k ; ω_n - частота функции, $\omega_n = 2\pi/S_n$; P_n - показатель степени, характеризующий разновидность формы профиля.

За счет изменения показателя P_n удается аппроксимировать всю гамму волнообразных профилей вершины резца, которые встречаются на практике чистового точения.

Ввиду того, что при обработке РДК на повышенных подачах очень высока степень копируемости ее неровностей на поверхности детали, то главной задачей при формировании дополнительной кромки резца является придание ей такого характера неровностей, высотные (R_p, R_z, R_{max}) и шаговые параметры (S_p, S_{mp}) которой соответствовали бы аналогичным требуемым ПШП в виде зависимости:

$$R_p = K_n R_d, \quad (2)$$

где R_p - параметр неровностей на дополнительной кромке резца, R_d - параметр шероховатости поверхности детали; K_n - поправочный коэффициент, зависящий от условий обработки (материал заготовки, режим резания и т.д.; 0,95...0,6).

Исходя из вышеизложенного, в качестве целевой функции в первом приближении может быть принят минимум площади P_p , заключенный между линией впадин, проходящей по дну образовавшихся канавок и резуль-

тирующей кривой, полученной пересечением нескольких кривых описываемых функцией (1). Тогда отношение такой площади Π_p к длине дополнительной кромки ℓ_k , есть не что иное как среднее арифметическое отклонение микропрофиля на дополнительной кромке Ra_{ℓ} . Целевой функцией в этом случае будет:

$$Ra_{\ell} = \sum \Pi_p / \ell_k \longrightarrow \min. \quad (3)$$

Вместе с тем, эта целевая функция (3) не является абсолютно универсальной, т.е. пригодной для всех случаев обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин. Например, в случае обеспечения требуемой коррозионной стойкости деталей может сложиться такая ситуация, когда Ra_{ℓ} будет минимальна, но на дополнительной кромке ℓ_k могут остаться один или два резких выступа, что оставит соответствующий след на поверхности детали. Поэтому, для такого случая целевой функцией может служить максимально допустимая высота выступа на дополнительной кромке $R_{\max p}$, т.е.

$$R_{\max p} \longrightarrow \min. \quad (4)$$

Методика аналитического решения подобной оптимизационной задачи, где целевой функцией является (3) заключается в следующем. Сначала на базовую кривую Y_0 с периодом равным начальной подаче $S_{\text{нач}}$, производится поочередное "наложение" других кривых $Y_2, Y_3 \dots Y_i$ с периодами, равными соответствующим подачам. Причем их число равно числу подач из имеющегося набора, при работе на которых имеет место образование канавок. В результате такой "операции", в качестве первой оптимальной выбирается такая подача $S_{\text{опт}}$, соответствующая кривая которой Y_1 , пересекаясь с базовой кривой Y_0 образует результирующую кривую $Y' = Y_0 \cdot Y_1$, площадь $\sum F_i$ под которой будет самой минимальной, т.е. соблюдалось условие

$$\sum_{i=1}^n F_i = F_1 + F_2 + \dots + F_n \longrightarrow \min, \quad (5)$$

где F_n - площадь образованная двумя отрезками кривых Y_0 и Y_1 и линией впадин заключенная между двумя точками пересечения X_i и X_{i+1} , n - количество пререзанных выступов.

Следующим приемом в этой "операции" будет поочередное "наложение" кривых Y_i (за вычетом уже отобранной кривой) уже на вновь

образовавшуюся результирующую кривую $Y' = Y \cdot Y_1$. В результате этого в качестве второй по счету оптимальной будет выбрана та подача $S_{опт2}$, соответствующая кривая которой Y_2 пересекаясь с результирующей кривой Y' образует тоже гибридный профиль $Y'' = Y' \cdot Y_2$, площадь ΣF_i под которой будет самой минимальной. Выбор оставшихся оптимальных подач $S_{оптi}$ осуществляется в таком же порядке, как две предыдущие ($S_{опт1}$ и $S_{опт2}$). Этот процесс поиска продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто требуемое значение высотного параметра Ra_c . В этом случае, когда целой функцией является (4), то после аналогичного "наложения" на базовую кривую Y_0 других кривых $Y_1, Y_2 \dots Y_n$, оптимальной будет та подача $S_{оптj}$, соответствующая кривая которой Y_j образует с Y_0 результирующий профиль Y' с минимальным значением высотного параметра R_{maxp} . В остальном дальнейший ход поиска оптимальных подач аналогичен предыдущему случаю.

Ввиду громоздкости и сложности аналитического решения такой оптимизационной задачи с использованием элементов математического анализа, были использованы численные методы решения. Была разработана программа "Rezec" для ее решения на ЭВМ, позволяющая не только получать оптимальные значения подач, но и наблюдать графическую иллюстрацию всего процесса формирования дополнительной кромки реза. Следует добавить, что численные методы решения подобной задачи имеют ряд существенных преимуществ над аналитическими, что их применение становится не только целесообразным, но в ряде случаев, даже единственно возможным.

Назначение оптимального количества подач, которых будет достаточно для образования дополнительной кромки реза с требуемыми высотными параметрами ее неровностей резко сокращает путь резания $\sum_{i=1}^n L_{var_i}$ (эквивалентный времени обработки) на участке варьирования подач в вышеотмеченном способе управления процессом резания. Если в предыдущем случае (закон ступенчатый) закон варьирования подач эта величина составляла $\sum_{i=1}^n L_{var_i} = (1,2 \dots 2,5) L_{нар}$, то в данном случае (крутоступенчатый закон) она не превышает $\sum_{i=1}^n L_{var_i} = (1,3 \dots 1,4) L_{нар}$ в зависимости от условий обработки. Подобный выигрыш в трудоемкости обработки имеет место благодаря резкому сокращению количества n варьируемых подач во втором случае.

Проведенные эксперименты подтвердили достоверность разработанного математического обеспечения для назначения оптимальных варьируемых подач.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния технологических

факторов на комплекс ИПП при чистовой обработке РДК.

Как уже отмечалось, в результате реализации разработанных способов управления процессом резания образуется дополнительная кромка как с удаленным первым выступом, так и без него. Это обстоятельство породило необходимость нетрадиционного подхода при нормировании микро рельефа, образованного после работы такими резцами. Если обработка производится РДК с удаленным первым выступом, нормирование осуществляется как обычно, всего микропрофиля. При работе РДК с удаленным первым выступом имеет место два подхода в нормировании микронеровностей. В первом случае нормированию подлежит микро рельеф только на опорной площадке ("плато"), заключенная между "масляными канавками" на поверхности детали в виде следов от удаленного первого выступа РДК, расстояние между которыми равно рабочей подаче S_p . Такой вариант характерен для чистовой обработки РДК на повышенных подачах, когда на эксплуатационные свойства деталей влияет в основном микронеровности на "плато". Для вышеописанного, так называемого раздельного нормирования применялась методика ВНИИРК.

Несколько иначе обстоит дело при работе этим же РДК на малых подачах, характерных для чистового точения обычными резцами. В этом случае ширина "плато" настолько мала, что микронеровности на нем никак не могут быть определяющими для эксплуатационных свойств деталей. Поэтому, здесь осуществляется нормирование всего профиля, как обычно.

В качестве исследуемых ИПП использовались как стандартизованные (ГОСТ 2789-73), так и нестандартизованные в СССР, но существенно влияющие на эксплуатационные свойства деталей машин.

В качестве наглядной иллюстрации в работе показано сравнение двух способов чистовой токарной обработки. В обоих случаях в качестве исследуемого выбирался такой материал, при обработке которого имело место образование канавочного износа. Сначала обработка велась тем способом, которая обычно применяется на практике, т.е. на достаточно малой, постоянной подаче ($S = 0,08$ мм/об). При этом характер изменения параметра R_a по времени аналогичен параметру h_k , т.е. на начальном участке пути резания ($L_{h_k} = 2000+3500$ м) происходит стремительный рост параметра R_a , где и достигнув своего максимального значения ($R_a = 4,0...4,8$ мкм) стабилизируется. Причиной такого эффекта является образование канавочного износа (глава 3).

При использовании предлагаемого (второго) способа, процесс ре-

зания на начальном участке пути резания ведется, аналогично предыдущему, с постоянной подачей ($S = 0,08$ мм/об). Сразу по окончании этого участка начинается варьирование подач по закону предлагаемой программой "Rezes". В это время, как указывалось ранее, происходит "сглаживание" неровностей на вершине резца и образование дополнительной кромки ℓ_k параллельной оси центров. В результате этого произошло резкое снижение параметра Ra до уровня первоначального ($Ra = 0,8 - 1,25$ мкм). После окончания варьирования подач был осуществлен переход на повышенную подачу ($S = 0,5$ мм/об), на котором обработка велась до окончания периода стойкости. При этом параметр Ra остался без изменения ($Ra = 0,8 - 1,25$ мкм). ТСШ повышается при этом в 2...5 раз.

Анализ экспериментальных результатов показал, что при работе РДК на ПШП в наибольшей степени влияют такие технологические факторы как подача S , жесткость технологической системы J и коэффициент перекрытия $K_{\Pi} = \ell_k / S$. Было установлено, что наиболее благоприятные значения ПШП получаются при работе в диапазоне подач ($S_p = 0,25 - 0,75$ мм/об) с соблюдением $K_{\Pi} = 1,05$. Все значения рабочих подач S_p , не входящих в этот диапазон, и $K_{\Pi} > 1,05$ приводят к ухудшению ПШП. Причем такой эффект тем разительнее, чем меньше J . В рекомендуемом диапазоне рабочих подач влияние остальных технологических факторов (t, v, λ_{Σ}) практически отсутствует.

Общезвестно, что ряд эксплуатационных свойств деталей зависят в первую очередь от параметров, характеризующих форму микровыступов, а затем уже от высотных ПШП. Поэтому в этой главе широко представлены результаты по определению влияния основных технологических факторов на широкий спектр параметров, которые характеризуют форму выступов микрорельефа поверхности детали при обработке с использованием РДК. Многообразие подобных параметров обусловлено тем, что для оценки различных форм микровыступов встречающихся на практике металлообработки недостаточно только лишь одной характеристики.

Еще одним преимуществом РДК с неудаленным первым выступом является то, что его использование позволяет создавать на поверхности детали так называемые "масляные карманы", удельный объем которого $V_{\text{уд}}$ можно регулировать технологическими способами, что видно из формулы:

$$V_{\text{уд}} = \frac{\sum_{i=1}^n (0,25 \cdot S_{\text{нач}} \cdot h_k)}{n \cdot S_p}, \quad (6)$$

где $S_{\text{нач}}$ — начальная подача, устанавливаемая в период формирования

дополнительной кромки; h_k - высота неудаленного первого выступа; S_p - рабочая подача; n - количество канавок на единице длины детали. Использование РДК позволяет отказаться от некоторых комбинированных методов обработки с целью создания "масляных карманов".

В этой главе рассмотрены альтернативные предложенному способы повышения эффективности чистового точения. Одним из них является обработка резцами Колосова. Однако наличие ряда недостатков сдерживает их применение при чистовом точении. Во-первых, из-за высоких значений длины дополнительной кромки ($l_k = 1,0 \dots 8,0$ мм), соответственно увеличивается и диапазон варьирования коэффициента перекрытия ($K_{II} = 1,1 - 6,0$), что резко увеличивает вероятность обработки с вибрациями. Во-вторых, проведенные эксперименты показали, что гарантированная безвибрационная обработка этими резцами возможно лишь при $S \geq 1,4$ мм/об. При этом минимальные значения высотного параметра Ra составляют не менее 4 мкм. Поэтому, этими резцами не может проводиться чистовая обработка. В-третьих, микрорельеф, формирующийся при этом, обладает очень высокой степенью нерегулярности.

Вторым альтернативным способом была обработка резцами с "искусственно" созданной (абразивной заточкой) дополнительной кромкой, длина которой не превышает 1,5 мм. Формирование такой кромки связано со значительными трудностями, из-за стремления максимально привести ее в соответствие с дополнительной кромкой, полученной "естественным" путем, которая в свою очередь имеет нестабильность радиуса закругления кромки ρ по длине l_k . Обработка резцами искусственно созданной кромкой имеет ряд существенных недостатков (выкрашивание, нарушение целостности кромки), которые резко снижают надежность обеспечения требуемых ПШП. Главным недостатком этого способа является трудоемкость установки резца, из-за необходимости надежного обеспечения строгой параллельности искусственной кромки оси центров, т.е. придания углу установки ξ° значения равного 0. Любое значение $\xi \neq 0^\circ$ приводит к резкому увеличению высотных ПШП, а в случае $\xi < 0^\circ$ могут возникнуть даже сильные вибрации из-за несрезания возникшей дополнительной глубины резания t_{min} , которая в свою очередь соизмерима с радиусом закругления кромки. Следует добавить, что при работе РДК, полученной "естественным" путем угол установки равен нулю ($\xi = 0^\circ$), т.к. она формируется непосредственно в процессе обработки.

В этой же главе экспериментально доказана возможность использования РДК при обработке деталей из материалов не склонных к образованию канавочного износа на вершине резца. С целью подтверждения тако-

го положения были проведены эксперименты, содержание которых заключалось в следующем. Сначала в центрах обрабатывалась так называемая "пробная заготовка" (склонная к образованию канавочного износа), на которой производили весь цикл формирования ДКР, с требуемыми параметрами неровностей на ней, согласно вышеразработанному способу. Затем эта "пробная заготовка" заменялась на обрабатываемую и обрабатывалась этим же резцом при абсолютном соблюдении тех же условий обработки. Результаты показали, что измеренные ПШП как на "пробной", так и на обрабатываемой деталях имеют практически одинаковые значения. Разница в показаниях ПШП не превышает (1,0...5,0)%. Этот диапазон погрешностей не был превышен даже в том случае, когда искусственно создавалось небольшое радиальное биение ($\Delta_e \leq 50$ мкм).

В пятой главе рассматриваются вопросы эффективности процесса чистовой обработки РДК на повышенных подачах с точки зрения производительности и условий обработки.

Известно, что чистовое точение отличается крайне низкой производительностью. Такой недостаток кроется в самом геометрико-кинематическом принципе образования микрогеометрии поверхности, когда стремясь получить максимально низкие значения высотных ПШП назначают соответственно низкие значения подачи. Значительной интенсификации процесса резания за счет скорости резания V в этом случае достичь тоже не удается из-за существования диапазона ее оптимальных значений. Глубина резания t вообще выпадает из числа таких элементов режима резания, т.к. она назначается из достаточно узкого диапазона в условиях чистового точения.

В разрезе такой проблемы был проведен сравнительный анализ, целью которого было обосновать, какой из элементов режима резания наиболее выгодно изменять для повышения производительности чистового точения. В результате этого было определено, что для этого целесообразнее и выгоднее увеличивать подачу. Это обстоятельство является существенно значимым при использовании РДК, т.к. они позволяют вести чистовую обработку на повышенных подачах.

Для определения эффективности обработки на повышенных подачах был разработан критерий такой оценки. Для этого были проанализированы различные характеристики для подобной оценки и выбор был остановлен на такой, как удельная площадь обработанной поверхности, приходящаяся на 1 мкм превалирующего износа:

$$\Pi_y = \frac{(L - L_n) S_p}{(h - h_n) 1000} , \quad (7)$$

где $(L - L_n)$ – путь резания, соответствующий участку нормального износа; $(h - h_n)$ – износ, соответствующий ее нормальному участку;

S_p – рабочая подача.

Главным достоинством этого критерия является интегральность, т.к. сочетает в себе характеристику производительности при чистовой обработке увязанную с ресурсом инструмента, от которых в значительной степени зависит себестоимость детали.

Экспериментально и меловано влияние работы на повышенных подачах РДК в условиях чистового точения на основные характеристики процесса резания, такие как сила резания, температура, виброустойчивость, износ инструмента, производительность обработки, которые и определяют оптимальность режима резания.

Экспериментально установлено улучшение виброустойчивости технологической системы при работе РДК на повышенных подачах, что хорошо согласуется с данными других исследований.

Для оценки эффективности работы на повышенных подачах с точки зрения стойкости инструмента использовался так называемый относительный износ h_o , под которым понимается преобладающий износ (радиальный, по задней или передней поверхностям) в 1 мм при обработке единицы площади поверхности детали. Этот параметр более универсален и информативен, чем часто применяемая характеристика – линейный относительный износ h_{oA} , т.к. он позволяет объективно сопоставлять режущие свойства инструментов при любых сочетаниях подач и скоростей резания.

Результаты экспериментов показали, что увеличение рабочих подач (S_p) приводит к соответствующему уменьшению относительного радиального износа h_{or} и относительного износа по задней поверхности h_{o3} (в 2...5 раз).

Вместе с тем, анализ экспериментальных результатов показал, что наиболее благоприятным, с точки зрения эффективного ведения процесса чистового точения РДК, является следующий диапазон подач $S_p = (0,25 - 0,7)$ мм/об. В случае работы в том диапазоне подач, удельная площадь обработанной поверхности Π_y увеличивается в 3...8 раз – при преобладании радиального износа, и в 2...6 раз – при преобладании износа по задней поверхности. В диапазоне $S_p = (0,05 - 0,25)$ мм/об наблюдаются наиболее худшие условия обработки РДК, хотя этот

участок подачи является рабочим на практике чистового точения.

В шестой главе приведены результаты разработанной методики.

В качестве практических рекомендаций разработаны программы "Surface" и "Regim". Согласно первой, после ввода данных о ПШП, производится проверка каждого из них на предмет возможности его обеспечения РДК. В случае невыполнения этого использовать РДК нельзя, т.е. нужно применить другой способ обработки. В противном случае, следующим этапом будет определение рекомендуемых значений технологических параметров, использование которых обеспечит требуемые ПШП. Эти значения определяются из эмпирических зависимостей методами нелинейного программирования. Программа "Regim" позволяет определить конкретные значения элементов режима резания на участках с постоянной варьируемой подачами.

Приведена экономическая эффективность проведенных исследований от внедрения результатов в производство.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Экспериментально установлено, что использование низких подач ($S = 0,05 \dots 0,15$ мм/об) при чистовом точении заготовок из материалов склонных к образованию канавочного износа, приводит к резкому снижению технологической стойкости резца по шероховатости поверхности детали и ухудшению эффективности его использования.

2. На основе раскрытого механизма нейтрализации канавочного износа, разработаны способы управления процессом резания, позволяющие получить дополнительную кромку резца, параллельную оси центров. Разработана математическая модель оптимального назначения варьируемых подач в виде программы "Rezes" для ЭВМ, с целью получения дополнительной кромки с требуемыми ПШП на ней.

3. После сформирования дополнительной кромки не рекомендуется назначать рабочую подачу в диапазоне $S_{\text{н.ч.}} \leq S_p \leq 0,1$ мм/об.

4. При работе резцом, имеющим дополнительную кромку с неудачным первым выступом, на повышенных подачах ($S_p > 0,2$ мм/об) следует нормировать микропрофиль поверхности детали раздельно.

5. Использование резцом с дополнительной кромкой позволяет управлять ПШП в достаточно широком диапазоне и повысить их технологическую стойкость по шероховатости поверхности детали в 2...5 раз, по сравнению с обычными резцами, имеющими радиус при вершине, за счет варьирования технологическими параметрами.

6. Наиболее благоприятные ПШП и условия резания создаются при

работе в диапазоне подач ($S_p=0,25...0,7$ мм/об) с соблюдением $K_H=1,05$, а наиболее худшие в диапазоне малых подач ($S_p=0,05...0,25$ мм/об) с $K_H > 1,05$.

7. Использование РДК с неудаленным первым выступом позволяет надежно создавать "масляные карманы" на поверхности детали и регулировать их объем, что позволяет отказаться от ныне применяющихся для этой цели комбинированных методов обработки.

8. Обработка резцами с дополнительной кромкой на повышенных подачах приводит к повышению виброустойчивости и жесткости технологической системы в установившемся режиме.

9. В случае обработки материалов не склонных к образованию канавочного износа, дополнительную кромку резца целесообразнее формировать на "пробной" заготовке, а затем уже переходить к изготовлению обрабатываемой заготовки.

10. С целью повышения производительности чистовой токарной обработки наиболее выгодно из параметров режима резания увеличивать подачу. Наиболее эффективным критерием оценки различных способов ведения процесса резания при чистовой токарной обработке является удельная площадь обработанной поверхности $P_{уд}$.

11. В случае работы в рекомендуемом диапазоне подач ($S_p=0,25 - 0,7$ мм/об) удельная площадь обработанной поверхности $P_{уд}$ увеличивается в 3...8 раз - при превалировании радиального износа, и в 2...6 раз - при превалировании износа по задней поверхности.

12. На основании проведенных исследований разработаны практические рекомендации по обеспечению требуемых ПМП в виде пакета прикладных программ для ЭВМ.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения рекомендаций составит 4258 рублей в год.

Основные положения диссертации отражены в работах:

1. Абишев Е.А. Некоторые особенности износа инструмента при токарной обработке // Интенсификация технологических процессов механической обработки: Тез. докл. Всесоюз. конф. Секция 2.-Л., 1986 г. -С.3.

2. Абишев Е.А. Некоторые особенности работы на повышенных подачах при чистовой токарной обработке /КазПИ им.В.И.Ленина. Алма-Ата, 1989.-20с.-Доп. в Каз НИИТИ 18.07.89, № 2784.

3. А.с. 1491659, МКИ³ В23 В 1/100.Способ управления процессом резания / Р.К. Мещеряков, Е.А.Абишев (СССР).-№ 4339374/31-08; Заяв. 24.11.87:// Открытия. Изобретения - 1989.- № 25.