

25.02.08

937

Министерство высшего и среднего специального
образования СССР

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

Гузеев Виктор Иванович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ НА
СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Специальность № 05.02.08 - "Технология машиностроения"

Автореферат
диссертации на соискание
ученой степени кандидата
технических наук

Челябинск
1981

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте
имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
С.Н.КОРЧАК.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
В.Э.ПУШ;

кандидат технических наук
А.Л.ДЕРЯБИН.

Ведущее предприятие - указано в решении совета.

Защита состоится " " 1981 г., в _____ часов,
на заседании специализированного совета К-053.13.01 по присуждению
ученой степени кандидата технических наук в Челябинском политехни-
ческом институте имени Ленинского комсомола по адресу:
454044, г.Челябинск, проспект имени В.И.Ленина, 76, ауд.244.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " " 1981 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
К-053.13.01 кандидат технических
наук

В.М.Меньшаков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время применение станков с числовым программным управлением становится основным методом автоматизации мелкосерийного и серийного производства. Внедрение в производство токарных станков с ЧПУ позволяет повысить производительность труда в 2,5-3 и более раза. Особенno экономически выгодно применение этих станков для обработки фасонных поверхностей, получение которых на других станках практически невозможно. Однако опыт обработки таких деталей показывает, что для достижения требуемой точности и шероховатости приходится многократно вводить коррекцию на режимы резания в процессе отладки управляющей программы (УП). В связи с этим трудоемкость отладки программ составляет 60% от общей трудоемкости проектирования операции. Главным образом это обусловлено отсутствием в имеющихся рекомендациях по режимам резания связи последних с особенностями формообразования деталей на станках с ЧПУ.

Набор УП непосредственно на пульте станка с наиболее перспективной микропроцессорной системой ЧПУ класса *CNC* требует повышенной надежности проектных решений в части назначения режимов резания.

Эта проблема может быть решена путем создания научно-обоснованных рекомендаций по назначению режимов резания с учетом отличительных особенностей обработки фасонных деталей на токарных станках с ЧПУ.

Цель работы. Исследование точностных особенностей формообразования фасонных поверхностей на токарных станках с ЧПУ и разработка обоснованных рекомендаций по проектированию УП, обеспечивающих качественные параметры детали (точность фасонного профиля и микрогеометрию обработанной поверхности).

Основные задачи. Для достижения указанной цели в работе решаются следующие задачи.

1. Исследование особенностей формирования микрогеометрии фасонных поверхностей на станках с шаговоимпульсной системой управления и установление влияния режимов резания и других условий обработки на величину получаемой шероховатости.

2. Исследование влияния конфигурации обрабатываемой детали на точность воспроизведения фасонного профиля.

3. Разработка на основе моделирования силового взаимодействия элементов технологической системы аналитических зависимостей для реализации управления режимами резания с целью повышения точности обработки. Составление практических рекомендаций по назначению режимов резания.

Научная новизна. Выявлены и сформулированы технологические особенности процесса обработки фасонных поверхностей на токарных станках с ЧПУ, а именно: влияние ступенчатости траектории резца на шероховатость и изменяемость размера динамической настройки в пределах одной фасонной поверхности. Впервые определены количественные зависимости по учету этих особенностей на стадии проектирования управляющей программы.

Вскрыта природа образования микрогеометрии фасонных поверхностей, обработанных на станках с шагово-импульсной системой числового управления. Впервые определен немонотонный характер зависимости шероховатости от подачи при двухкоординатной обработке на этих станках. Определено наличие "резонансных" подач, при которых влияние ступенек траектории на шероховатость отсутствует. Выявлены зоны подач, обеспечивающих наименьшее влияние интерполяции на шероховатость и зоны подач, при которых это влияние наибольшее.

Разработаны аналитические зависимости для определения подач, обеспечивающих минимальное приращение шероховатости вследствие интерполяции.

Определена взаимосвязь между направлением контурной подачи при фасонной обработке и величиной горизонтальных составляющих усилия резания.

Разработаны теоретические основы возникновения погрешности динамической настройки с учетом взаимного влияния двух горизонтальных составляющих усилия резания P_x и P_y .

Доказана возможность обеспечения постоянства динамической настройки за счет закономерного управления подачей.

Разработаны законы управления подачей для разных видов динамической настройки (в случае работы с положительными погрешностями динамической настройки, отрицательными и равными нулю).

Показаны возможности минимизации погрешности профиля фасонной поверхности путем стабилизации размера динамической настройки с последующей коррекцией статической настройки.

Практическая ценность работы. На основе разработанной теории формирования геометрии получены для практического применения формулы и нормативно-справочные таблицы для определения подачи с учетом ограничения по шероховатости на поверхностях с любым наклоном образующей.

Разработанные аналитические зависимости позволяют на стадии проектирования УП оценить ожидаемую точность обрабатываемой детали.

Найденные взаимосвязи между конфигурацией обрабатываемой детали, погрешностью динамической настройки и подачей позволяют на стадии проектирования УП выбрать закон управления контурной подачей с целью обеспечения заданной точности обработки фасонного профиля.

Для станков с системами ЧПУ класса **NC** на основе аналитических результатов исследования разработаны справочные таблицы, позволяющие назначать подачу, обеспечивающую шероховатость и точность фасонных поверхностей. Кроме того эти зависимости могут быть непосредственно использованы при управлении станками от микро-ЭВМ.

Разработанные зависимости могут являться математическим описанием технологических ограничений по шероховатости и точности в оптимизационной модели и быть реализованными в блоке режимов резания систем автоматического программирования (САП).

Реализация работы. На основе проведенных исследований разработаны и внедрены на Челябинских заводах "Строммашина", им.Ленина тракторном, станкостроительном им. С.Орджоникидзе, инструментальном и других заводах "Руководящий материал по режимам резания для токарных станков с ЧПУ". Годовой экономический эффект от применения рекомендаций при разработке 108 программ составил 53 тыс. рублей.

По заданию Центрального Бюро Нормативов по труду (ЦБНТ) при Научно-исследовательском институте труда Гос. ком. Сов. Мин. СССР по труду и социальным вопросам в соответствии с планом межотраслевых нормативно-исследовательских работ по труду на 1977 г. впервые разработаны "Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для технического нормирования работ, выполняемых на металло-режущих станках с программным управлением". Экономический эффект от внедрения нормативов на заводах страны составит ориентировочно до данным ЦБНТ около 3 млн. рублей в год.

Апробация работы. Диссертационная работа в целом и отдельные ее положения доложены и обсуждены:

1. На научно-технических семинарах в г.Киеве, в 1976 и 1979 гг.
2. На научно-технической конференции Челябинского станкостроительного завода им.С.Орджоникидзе, в 1978 г.

3. На зональной научно-технической конференции в г.Владивостоке, в 1979 г.
4. На научно-технической конференции в г.Ленинграде, в 1980 г.
5. На научно-технических конференциях в Челябинском политехническом институте им.Ленинского комсомола в 1976...1980 гг.
6. На второй научно-технической конференции молодых ученых Челябинского политехнического института им.Ленинского комсомола, в 1979 г.
7. На производственно-техническом семинаре в г.Челябинске, в 1980 г.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано десять работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы, включающего 101 наименование и приложений. Работа содержит 138 страниц машинописного текста, 80 рисунков и 18 таблиц.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ (состояние вопроса)

Формообразование фасонных поверхностей на токарных станках осуществляется путем перемещения резца одновременно по двум координатам. Фактическая траектория инструмента при этом формируется самой управляющей системой станка и может отличаться от заданной.

В отличие от обработки на обычных копировальных станках движение инструмента по контуру при обработке фасонных поверхностей на токарных станках с ЧПУ осуществляется в результате сложения дискретных перемещений вдоль двух взаимно перпендикулярных координат станка, следствием чего является движение резца по ступенчатой траектории.

В результате такого ступенчатого характера движения инструмента, он периодически то удаляется от теоретической образующей обрабатываемой поверхности, то приближается к ней. Это приводит к возникновению увеличенной шероховатости, непосредственно связанной с работой станка с ЧПУ.

Исследованиями А.И.Исаева, П.Е.Дьяченко, В.Г.Белецкого и других вскрыты причины образования шероховатостей на станках с ручным управлением.

В.И.Скворцовым, Ю.В.Ерофеевым и И.И.Горюновым рассматривались вопросы влияния на шероховатость неточности обработки единичных перемещений и отклонения действительной траектории движения инстру-

мента от заданной, обусловленное работой интерполятора системы ЧПУ. Однако, объяснение увеличенной шероховатости, данное авторами, нельзя признать достаточно правильным, так как ими не учтено вращательное движение заготовки.

В работе А.Ф.Денисенко рассмотрено влияние неравномерности перемещения резца на шероховатость при обработке пологих и крутых конусов. Однако в ней не изучен процесс распределения ступенек траектории резца по обрабатываемой поверхности детали в результате их согласованных движений, поэтому не вскрыты закономерности образования микропрофилей для разных углов наклона образующей конуса и не даны рекомендации по назначению режимов обработки конических деталей на станках с ЧПУ.

При обработке фасонной поверхности происходит изменение направления действия контурной подачи, что приводит к изменению углов резца, в частности главного угла в плане.

Как известно, изменение геометрических параметров зоны резания существенным образом влияет на изменение соотношения между составляющими силы резания.

Изменения составляющих усилия резания в процессе обработки фасонных деталей вызывают дополнительные деформации технологической системы, что, как известно, оказывает непосредственное влияние на точность обработки. Во многих случаях погрешности обработки, возникающие вследствие деформаций технологической системы и ее элементов, являются доминирующими в суммарной погрешности обработки. На современных токарных станках значительно повышена точность статической настройки, поэтому на точность обрабатываемых деталей в большей мере оказывают влияние погрешности динамической настройки, которые в 5-10 раз больше погрешностей статической настройки. Особенно велика роль переменных во времени деталий деформаций, которые часто весьма трудно компенсировать соответствующей размерной наладкой или подналадкой системы.

Таким образом, для обеспечения требуемой шероховатости и точности, при проектировании УП необходимо учитывать ряд особенностей процесса обработки фасонных деталей на станках с ЧПУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ШАГОВО-ИМПУЛЬСНОЙ СИСТЕМОЙ ЧПУ

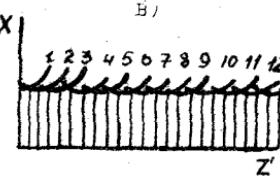
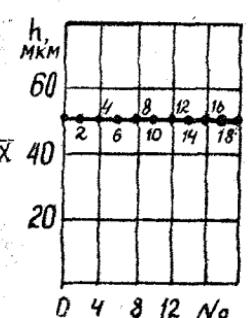
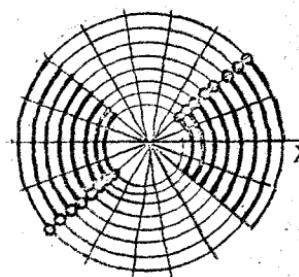
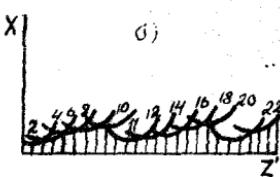
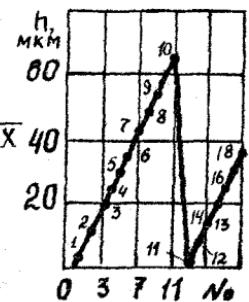
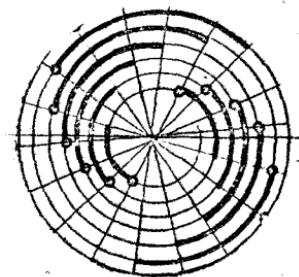
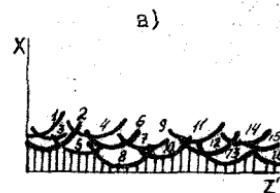
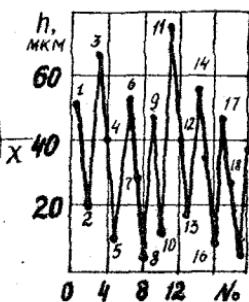
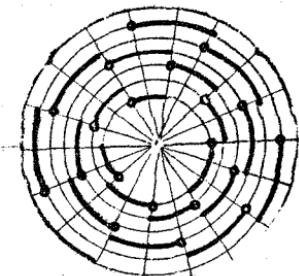
При обработке фасонных поверхностей траектория резца имеет ступенчатую форму. В результате движения по такой траектории, резец периодически удаляется от теоретической образующей обрабатываемой поверхности и приближается к ней.

В процессе обработки осуществляется сложение периодического закона движения резца по ступенькам траектории с гармоническим законом вращательного движения заготовки. В результате этого, ступеньки траектории могут определенным образом распределяться по обрабатываемой поверхности (рис. I, I). По аналогии с теорией колебаний возможно "резонансное" совпадение частот слагаемых законов. При этом на один оборот детали приходится целое число ступенек траектории и они располагаются строго друг напротив друга на каждом обороте детали.

Геометрическая составляющая шероховатости представляет собой следы резца, оставляемые им на каждом обороте детали. В том случае, когда на один оборот детали приходится не целое число ступенек траектории, величины удалений резца от теоретической образующей, приходящиеся на соседние обороты детали оказываются различными (рис. I, II, а). В результате этого следы от инструмента имеют разную глубину (рис. I, III, а). Кроме того, вследствие наличия у резца радиусной части не все положения последнего принимают участие в формировании микропрофиля детали. В результате этого получаемая шероховатость имеет повышенную величину и значительную неравномерность. Шаг микронеровностей оказывается не равным подаче на оборот детали.

При "резонансном" распределении ступенек траектории, величины удалений резца, приходящиеся на каждый оборот детали, имеют одинаковую величину (рис. I, II, в). В этом случае процесс формирования микрогеометрии такой же, как и на станках с ручным управлением (рис. I, III, в). То есть, при "резонансном" распределении ступенек траектории по обрабатываемой поверхности влияние последних на получаемую шероховатость минимальное и теоретически равно нулю.

При подачах, соответствующих предрезонансным распределениям ступенек траектории (рис. I, II, б) кроме основной шероховатости возникает макрошероховатость в виде закономерно расположенных "зарев" (рис. I, III, б). При более плавном графике удалений резца макрошероховатость переходит в волнистость.



I

II

III

Рис. I. Диаграммы распределения ступенек траектории (I).

Графики удалений резца (II) и микропрофиль поверхности (III) при различных значениях подачи: а - "межрезонансной"; б - "предрезонансной"; в - "резонансной"

Вследствие того, что в разных осевых сечениях детали, при "резонансном" распределении ступенек траектории, величины удалений резца от теоретической образующей различны на детали возникает овальность или огранка.

В результате моделирования на ЭВМ процесса образования микропрофиля получены графические зависимости величины шероховатости от подачи при различных:

- а) углах наклона образующей;
- б) радиусах при вершине резца;
- в) единичных перемещениях рабочего органа станка (рис.2).

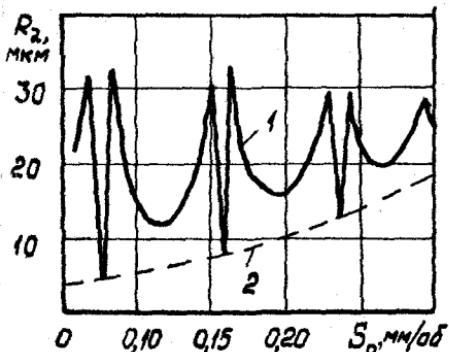


Рис.2. Зависимость шероховатости от подачи: 1 - для станка с ЧПУ, 2 - для станка с ручным управлением

Сравнение этих зависимостей с аналогичными зависимостями для станков с ручным управлением показывает, что только при "резонансных" подачах величина шероховатости оказывается одинаковой с шероховатостью, получаемой на станках с ручным управлением. Зоны подач, соответствующие "резонансному" распределению ступенек траектории весьма узки, что усложняет настройку на них станка. При межрезонансных подачах, лежащих в середине между соседними "резонансными", имеет место уменьшение величины шероховатости, что объясняется тем, что максимальные удаления резца от образующей не участвуют в формировании микропрофиля обрабатываемой поверхности. Наиболее перегулярная шероховатость возникает при предрезонансных подачах. Образующиеся при этом "зарезы" увеличивают шероховатость. Такие зоны подач необходимо избегать при проектировании УП.

Проведенные исследования позволяют дать рекомендации по назначению подачи для обработки поверхностей с различными углами наклона образующей.

В том случае, когда имеется возможность точной настройки частоты выходных импульсов интерполятора, рекомендуется производить обработку с "резонансной" подачей, величину которой можно определить

по формуле

$$S = \frac{h_{\text{ведом}} K_p}{\cos \omega K_{\text{ч.к.}}}, \quad (1)$$

где $h_{\text{вед}}$ - единичное перемещение по ведомой координате;

K_p - номер резонанса; ω - угол наклона образующей обрабатываемой (или касательной к ней) поверхности; $K_{\text{ч.к.}}$ - коэффициент деления частоты интерполятора.

Наличие нескольких резонансных подач для одних и тех же условий обработки позволяет увеличить производительность без существенного ухудшения шероховатости за счет работы с подачей, соответствующей второму, третьему и т.д. резонансу.

В обычных условиях без дополнительной настройки интерполятора рекомендуется работать в довольно широких зонах нескрезонансных подач (см.рис.2), чем обеспечивается наименьшее влияние ступенчатости траектории на получаемую шероховатость. Такие подачи определяются по формуле

$$S = \frac{h_{\text{ведом}}}{\cos \omega} \left(\frac{K_{i+1}^P + K_i^P}{2} \right), \quad (2)$$

где K_i^P и K_{i+1}^P - номера соседних "резонансов".

Проведенные экспериментальные исследования показали адекватность разработанных теоретических зависимостей.

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ГЕОМЕТРИИ ЗОНЫ РЕЗАНИЯ НА СИЛЫ И ТОЧНОСТЬ ФАСОННОГО ПРОФИЛЯ

Обработка фасонных поверхностей на станках с ЧПУ связана с нестационарностью геометрических параметров зоны резания. В первую очередь, при этом изменяется угол наклона образующей обрабатываемой поверхности ω к продольной оси станка Z . Следствием этого является изменение направления контурной подачи, что, согласно определению главного и вспомогательного углов в плане, вызывает изменение величин последних.

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования показали, что при обработке фасонных деталей на станках с ЧПУ, в результате изменения углов в плане при обработке резцами с малым радиусом при вершине происходит постоянное перераспределение значимости главной и вспомогательной режущих кромок и изменение расположения активной части режущей кромки при обработке резцами с

с большим радиусом. В связи с этим, процесс обработки сопровождается изменением горизонтальных составляющих усилия резания.

На основании расчетной схемы, предложенной С.Н.Корчаком, суммируя силовые реакции на главной режущей кромке и прилегающей к ней задней поверхности, а также на вспомогательной режущей кромке и прилегающей к ней задней поверхности, получены зависимости, позволяющие рассчитать горизонтальные составляющие усилия резания при любых углах наклона образующей обрабатываемой поверхности:

$$P_x = \frac{1,15 S t G_i \sin \beta}{\sin \beta_1} \sin(\varphi - h) + \frac{0,252 G_i l_3' \sin \varphi}{\sin(\varphi \pm \omega)} - \frac{0,252 G_i l_3' S \sin(\varphi \pm \omega) \sin \varphi}{\sin \delta}, \quad (3)$$

$$P_y = \frac{1,15 S t G_i \sin \beta}{\sin \beta_1} \cos(\varphi - h) + \frac{0,252 G_i l_3' t \cos \varphi}{\sin(\varphi \pm \omega)} + \frac{0,252 G_i l_3' S \sin(\varphi \pm \omega) \cos \varphi}{\sin \delta}$$

где S - подача; t - глубина резания, G_i - средняя интенсивность напряжений в объеме напряженной контактной зоны металла и инструмента; β - угол действия; φ и ψ , - главный и вспомогательный углы в плане; l_3 и l_3' - длина фаски износа по главной и вспомогательной задним граням; h - угол отклонения схода стружки от нормали к режущей кромке; ω - угол наклона образующей обрабатываемой поверхности (или касательной к ней) к продольной оси детали; δ - угол при вершине резца.

Экспериментальные исследования по динамометрированию сил резания, показали, что полученные зависимости адекватно отражают влияние конфигурации детали на горизонтальные составляющие силы резания.

Из работ Б.С.Балакшина, А.П.Соколовского и др. известно, что в результате деформаций технологической системы, обусловленных, как правило, изменением сил резания, возникает погрешность динамической настройки. Отличительной особенностью возникновения этих погрешностей при обработке фасонных деталей является зависимость последней от двух составляющих упругого отжатия.

Учитывая конечную податливость технологической системы вдоль осей станка X и Z с использованием линейной теории деформаций для функции $P = ct$ получены выражения для деформаций вдоль каждой оси:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_x = \frac{C_x (h_p - \delta_y - y'(x) \delta_x)}{j_x \sqrt{1 + [y'(x)]^2}} \\ \delta_y = \frac{C_y (h_p - \delta_x - y'(x) \delta_y)}{j_y \sqrt{1 + [y'(x)]^2}} \end{array} \right.$$

где C_x и C_y - коэффициенты, учитывающие влияние на составляющие R_x и R_y всех параметров, кроме припуска $h_p \equiv t$.

Погрешность профиля фасонной поверхности может определяться отклонением текущего радиуса детали. С учетом формул для определения составляющих силы резания и совокупного влияния деформаций вдоль обеих координат, отклонение текущего радиуса детали ΔR_i определяется:

$$\Delta R_i = \frac{R_{xy}^{2n} [y(x) j_y \sin(\varphi - h) + j_x \cos(\varphi - h)] + R_{yx}^{2n} [y'(x) j_y \sin \varphi + j_x \cos \varphi]}{j_x j_y \sqrt{1 + [y'(x)]^2} + P_{xy}^{2n} (pez) [y(x) j_y \sin(\varphi - h) + j_x \cos(\varphi - h)]} +$$

$$+ \frac{P_{xy}^{2n} (\text{сп}) [j_x \cos \varphi - y'(x) j_y \sin \varphi]}{h_p} +$$

$$+ \frac{P_{xy}^{2n} (\text{тр}) [y'(x) j_y \sin \varphi + j_x \cos \varphi]}{h_p}$$
(4)

Анализ этой зависимости показал, что погрешность текущего радиуса детали существенно зависит от угла наклона образующей обрабатываемой поверхности к продольной оси станка (рис.3).

Отклонение текущего радиуса обработки может принимать положительные и отрицательные значения. Отрицательные значения динамических погрешностей возникают в том случае, когда составляющие силы резания, действующие на главную режущую кромку R_x и R_y , больше сил, возникающих на вспомогательной режущей кромке. Кроме того, силы R_x и R_y оказываются в этом случае направленными в тело детали. Это имеет место при обработке поверхностей с уменьшающимся диаметром обработки и большими углами наклона обрабатываемой поверхности к продольной оси станка. При таких углах наклона образующей обрабатываемой поверхности для уменьшения отрицательных значений отклонения динамической погрешности необходимо увеличивать контурную подачу. В этом случае увеличиваются силы на вспомогательной режущей

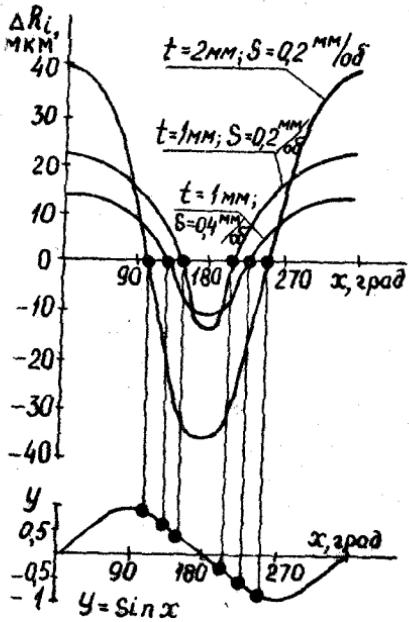


Рис.3. Зависимость отклонения текущего радиуса ΔR_i наклона образующей

кромке. В том случае, когда подача оказывается неприемлемо большой по другим ограничениям, обработку следует вести "левыми" резцами с продольной подачей, направленной от шпинделя станка. Такая обработка будет происходить при увеличивающемся диаметре обточки и динамическая погрешность окажется положительной.

Кроме того, имеются такие условия, при которых динамические отклонения текущего радиуса обработки равны нулю (см.рис.3). При изменении подачи такие условия могут возникать при разных углах наклона образующей обрабатываемой поверхности. Это указывает на наличие конечного интервала углов наклона, в котором возможно выполнение условия для нулевых динамических отклонений текущего радиуса обработки.

Понимание зависимости динамической погрешности воспроизведения профиля детали от изменения сил резания позволяет перейти к методам управления процессом обработки.

Анализ зависимости (4) показывает, что введя направленные изменения в величины подач, кусочно назначаемых на участках контура обработки, можно стабилизировать динамические отклонения текущего радиуса ΔR_i .

Для стабилизации размера динамической настройки наиболее легко реализуемым на станке с ЧПУ является метод управления силой резания за счет изменения контурной подачи. Для реализации такого управления разработана на основе зависимости (4) функционально связывающей динамические погрешности, жесткость технологической системы,

сила резания и угол наклона обрабатываемой поверхности в каждой ее точке, разработана зависимость (5), определяющая закон изменения подачи с целью стабилизации размера динамической настройки.

$$S = \frac{\frac{0,252 G_i l_3 \sqrt{1 + [y'(x)]^2}}{\sin \varphi - y'(x) \cos \varphi} (j_x \cos \varphi + y'(x) j_y \sin \varphi) (h_p - \Delta R) -}{\frac{1,15 G_i \sin \beta}{\sin \beta_1} (j_x \cos(\varphi - h) + y'(x) j_y \sin(\varphi - h)) (\Delta R - h_p)} - \frac{-\Delta R j_x j_y \sqrt{1 + [y'(x)]^2}}{0,252 G_i l_3 (\sin \varphi - y'(x) \cos \varphi)} (j_x \cos \varphi_1 - y'(x) j_y \sin \varphi_1)$$

Наличие таких условий обработки, при которых динамические погрешности равны нулю, представляет возможность управления подачей в конечном интервале углов наклона образующей обрабатываемой поверхности с целью сохранения "нулевой" величины динамической погрешности. В этом случае закон изменения подачи определится из выражения:

$$S = - \frac{0,252 G_i h_p l_3 \sqrt{1 + [y'(x)]^2}}{\sin \varphi + y'(x) \cos \varphi} \frac{j_x \cos \varphi + y'(x) j_y \sin \varphi}{\sin \varphi - y'(x) \cos \varphi} + \frac{1,15 G_i h_p \frac{\sin \beta}{\sin \beta_1} (j_x \cos(\varphi - h) + y'(x) j_y \sin(\varphi - h)) +}{(6)}$$

$$+ 0,252 G_i l_3' \frac{\sin \varphi + y'(x) \cos \varphi}{\sin \varphi \sqrt{1 + [y'(x)]^2}} (j_x \cos \varphi_1 - y'(x) j_y \sin \varphi_1)$$

Кроме возможности стабилизации размера динамической настройки, можно резко уменьшить погрешность воспроизведения фасонного профиля внесением поправки в размер статической настройки, равной стабилизированной погрешности размера динамической настройки, когда последнюю не удается свести к нулю.

Для проверки работоспособности разработанных зависимостей (5) и (6) были произведены точностные эксперименты. Обработка партии деталей с режимами, выбранными по Общемашиностроительным нормативам (для станков с ручным управлением) показала, что погрешность

обработки находится в прямой зависимости от конфигурации обрабатываемых поверхностей. На рис.4, а показан эскиз профиля обрабатываемой детали и погрешность обработки на разных участках (рис.4, б).

Согласно разработанной методике все поверхности детали были разбиты на 17 участков. Для каждого участка рассчитана подача, обеспечивающая одинаковую величину динамической погрешности.

Обработка деталей с переменной подачей показала, что значения погрешностей обработки на разных участках стабилизируются и приближаются к погрешности цилиндрической поверхности (рис.4, в).

Обработка партии деталей с переменной подачей и одновременным введением коррекции в размер статической настройки позволил сократить погрешность обработки с 56 мкм до 15 мкм.

Эксперименты по обработке конических поверхностей с подачей, обеспечивающей минимум динамических погрешностей, подтвердили возможность управления согласно зависимости (6).

Таким образом, лабораторные эксперименты и производственные испытания при внедрении скорректированных программ показали возможность сокращения погрешности обработки в 2-3 раза.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Результаты данных исследований позволяют на стадии проектирования операций учесть особенности обработки фасонных деталей на станках с ЧПУ и тем самым повысить качество проектных решений и

эффективность управляющих программ. Характер применения разработанных материалов зависит от класса применяемых систем управления.

Для станков, управляемых от микро-ЭВМ разработанные зависимости (5), (6) могут непосредственно использоваться для управления подачей.

Одним из перспективных направлений в развитии станков с ЧПУ является применение в них автоматических систем регулирования точностью (ACP). Широкий диапазон изменения параметров обработки на станках с ЧПУ требует и весьма широких пределов регулирования.

При использовании разработанных зависимостей в качестве управляющих часть функций системы регулирования может быть передана на систему управления станком. В этом случае система ЧПУ обеспечивает уменьшение систематической составляющей динамических погрешностей и уменьшает тем самым диапазон изменения параметров обработки. Внутри уже суженной таким образом области изменения возмущающих воздействий, управление осуществляется системой ACP.

В настоящее время широкое распространение для подготовки управляющих программ нашли системы автоматизированного программирования (САП).

Разработанные физические зависимости (1), (2), (4), (5) могут лежать в основу математических оптимизационных моделей в качестве ограничений по шероховатости и точности и легко реализованы в блоке режимов резания САП. Если операция проектируется для станков второго поколения (управляющие системы класса NC) подача может назначаться для дискретных участков деталей с учетом ограничения по шероховатости и точности. Конкретные значения подачи определяются по разработанным справочным таблицам.

Справочные таблицы оформлены в виде руководящего материала. В нем представлены случаи обработки поверхностей с различными углами наклона образующей как в направлении увеличения диаметра, так и в направлении уменьшения. Имеется таблица для выбора чистовой подачи с учетом величины дискретности перемещения рабочего органа, радиуса при вершине резца и угла наклона образующей.

В И В О Д Ы

1. Установлена зависимость шероховатости фасонных поверхностей, обработанных на станках с шагово-импульсной системой управления от закона распределения ступенек траектории резца по обрабатываемой поверхности. Последним можно управлять, оперируя величиной контурной подачи. Рекомендуется назначать подачи, соответствующие межрезонансному распределению ступенек. Следует избегать предрезонансные подачи, наиболее сильно увеличивающие шероховатость.

2. Изменяющиеся в процессе обработки сила резания и переменные деформации технологической системы порождают систематическую переменную по длине детали погрешность динамической настройки. Получены зависимости для аналитического расчета последней.

3. Управляя величиной подачи согласно полученным зависимостям и практическим нормативным таблицам, можно стабилизировать погрешность динамической настройки и, корректируя размер статической настройки, свести к минимуму погрешность профиля фасонной детали.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Гузеев В.И. Влияние режимов на неравномерность подачи при обработке на станках с импульсной системой ЧПУ. В сб. научн.тр.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. - Челябинск: ЧПИ, 1976, № 178, с.7-9.

2. Гузеев В.И. Влияние переменной подачи на получаемую шероховатость поверхностей. В сб. научн. тр.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. - Челябинск: ЧПИ, 1978, с.30-31.

3. Гузеев В.И., Кошин А.А. Особенности назначения режимов резания при обработке конических поверхностей на станках с ЧПУ. Там же, с.26-28.

4. Гузеев В.И. Методы повышения эффективности управляющих программ для станков с ЧПУ на стадии проектирования. В кн.: Автоматизация технологического проектирования в системе повышения эффективности производства и качества продукции. Тез. докл. научн. конф. - Владивосток, 1979, с.30-32.

5. Гузеев В.И. Погрешности динамической настройки при обточке фасонных деталей на станках с ЧПУ. В сб. научн.тр.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. - Челябинск: ЧПИ, 1980, № 249.

6. Корчак С.Н., Гузеев В.И. Повышение технологической надежности управляющих программ при обработке фасонных поверхностей на токарных станках с ЧПУ. Материалы научн. техн. конф. 13-14 мая. - Л., 1980, с.25-29.

7. Корчак С.Н., Гузеев В.И. Управление подачей при обработке фасонных деталей на токарных станках с ЧПУ с целью обеспечения точности. В сб. научн.тр.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. - Челябинск: ЧИИ, 1980, № 249.

8. Кошин А.А., Гузеев В.И. Погрешность динамической настройки при обточке фасонных деталей на станках с ЧПУ. В кн.: Повышение качества деталей в машиностроении технологическими методами: Тез. докл. зональной научн.-техн. конф. Ярославль, 1980, с.49.

9. Кошин А.А., Гузеев В.И. Расчет на ЭМ величины шероховатости фасонных поверхностей, обработанных на токарных станках с ЧПУ. В кн.: Обработка деталей на станках с числовым программным управлением. Тез. докл. научн.техн. конф. Киев, 1976, с.13-14.

10. Оптимизация режимов резания при обработке деталей из сталей ВП25, IX16H4B, 35ХЗНМ, 35ХГСА, СЛ28 на станках с ЧПУ. Отчет по НИР. Руководитель работы С.Н.Корчак. Челябинск, 1978, 71 с.
№ гос. рег. 78057492, инв. № Б682282.

Гузеев Виктор Иванович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ
НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

Техн.редактор Миних А.В.