

05.02.08

Курганский машиностроительный институт

На правах рукописи

Шевелев Анатолий Евгеньевич

УДК 621.923.74

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАЦИИ ДОВОДИ
ГЛУБОКИХ ПРЕЦИЗИОННЫХ ОТВЕРСТИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ
РАЗЛИЧНЫХ ПРИТИРОВ**

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

И
И

Курган - 1985

111

Работа выполнена на кафедре "Станки и инструмент" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель — доктор технических наук,
профессор МАРИУЛИС Д.К.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, старший
научный сотрудник ФРАУИН И.В.,
кандидат технических наук,
доцент СИМАХИН Я.А.

Ведущее предприятие — производственное объединение
"Челябинский тракторный завод
имени В.И.Ленина".

Защита состоится " 8 " февраля 1985 г. на заседании
специализированного совета К 064.18.01 Курганского машиностроитель-
ного института.

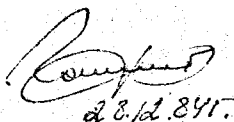
Адрес: 640669, г.Курган, пл.им. В.И.Ленина, КМИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КМИ.

Отзывы в двух экземплярах, заверенных печатью, просим высылать
ученому секретарю специализированного совета по вышеуказанному ад-
ресу.

Автореферат разослан " " января 1985 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент


23.12.84г.

Л.М.ГОЛОФАС

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ. Одним из ведущих направлений в решении задач, поставленных XXVI съездом КПСС, является совершенствование существующей и разработка новой прогрессивной технологии машиностроительного производства. В связи с этим одной из первоочередных является задача совершенствования операций окончательной обработки деталей, изыскание и внедрение новых прогрессивных методов финишных процессов, обеспечивающих необходимую высокую точность и качество обработанных поверхностей деталей машин. Вышесказанное в полной мере относится к технологическим процессам изготовления деталей гидро- и пневмоаппаратуры, имеющих глубокие прецизионные отверстия малого диаметра (8...12 мм). В настоящее время подобные детали находят все более широкое распространение в технике, например, в текущей пятилетке предусмотрено увеличение выпуска топливной аппаратуры к дизельным двигателям в 1,9 раза. Заданную высокую точность отверстий обычно достигают за счет проведения после термохимической обработки четырех-пяти операций доводки. При этом наиболее широко используют процессы алмазного хонингования, абразивной и алмазной притирок и электрохимической доводки. Для этих операций характерным является низкая производительность, значительный удельный вес ручного труда, низкая стабильность показателей точности. Это приводит к тому, что трудоемкость доводки отверстий составляет 45...61% от трудоемкости изготовления всей детали.

Одним из перспективных направлений совершенствования окончательной обработки отверстий является определение оптимальных вариантов технологических процессов обработки отверстий. Существующие системы автоматизированного проектирования технологических процессов не учитывают особенности операций доводки.

Изложенное определяет актуальность выполненной работы.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ. Целью работы явилось повышение эффективности окончательной обработки глубоких прецизионных отверстий малого диаметра путем выбора оптимальных параметров операций доводки и совершенствования конструкций разжимных притиров.

В соответствии с этой целью были поставлены следующие основные задачи: на основе системного анализа разработать модели операций доводки; разработать методику выбора оптимальных параметров операций доводки прецизионных отверстий; теоретически и экспериментально исследовать взаимодействие притиров с оправкой и разработать методику определения параметров притиров, гарантирующих их работоспособность

при заданных условиях; исследовать возможность использования электрохимической притирки для чистовой обработки прецизионных отверстий малого диаметра и выявить пути повышения ее точности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ. Теоретические и экспериментальные исследования основывались на использовании методов теории упругости, оптимизации, математической статистики и примененки современного оборудования и средств измерения. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и производственных условиях.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Разработана методика построения математической модели процесса доводки. Разработана методика выбора оптимального варианта технологического процесса доводки прецизионных отверстий, учитывающая технологические особенности операций доводки. Получены аналитические зависимости для определения параметров силового взаимодействия притиров с оправкой. Выявлены направления совершенствования конструкций разжимных притиров.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Разработана модель процесса доводки с использованием лимитирующего размерного параметра. Усовершенствована методика размерного анализа технологических процессов обработки деталей, имеющих глубокие прецизионные отверстия малого диаметра. Разработана методика определения параметров разжимных притиров. Даны рекомендации по выбору конструкций разжимных притиров. Разработаны прогрессивные конструкции инструмента для электрохимической доводки отверстий. Для повышения точности электрохимической доводки отверстий разработан метод управления подачей технологического тока по ходу движения инструмента относительно обрабатываемого отверстия.

НА ЗАЩИТУ ВНОСЯТСЯ: метод построения моделей процессов доводки с использованием лимитирующего параметра; методика выбора оптимального варианта технологического процесса доводки прецизионных отверстий; расчетные схемы для определения силовых факторов, возникающих при разжиге притиров; методика определения величин размерных параметров притиров, гарантирующих их работоспособность при заданных условиях; результаты экспериментальных исследований; новые конструкции разжимных притиров, обеспечивающих повышение интенсивности исправления погрешностей геометрической формы отверстий.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ. Результаты исследований позволили внедрить установку для электрохимической доводки отверстий втулок плунжерных пар топливного насоса в производственном объединении "Челябинский тракторный завод им. В.И.Ленина" с годовым экономическим эффектом 20250 руб.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные положения работы доложены и обсуждены: на ежегодных научно-технических конференциях в Челябинском политехническом институте им. Ленинского комсомола в 1979-1984 гг.; на научно-технической конференции "Технологическое обеспечение автоматизации производственных процессов", г. Оренбург, октябрь 1983 г.; на производственно-техническом семинаре "Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках", г. Челябинск, июнь 1984 г.; на объединенном заседании кафедр Челябинского политехнического института, г. Челябинск, май 1984 г.; на объединенном семинаре кафедр Курганского машиностроительного института, г. Курган, декабрь 1984 г.

ПУБЛИКАЦИИ. По теме диссертации опубликовано десять работ, получено авторское свидетельство.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация состоит из введения, шести разделов основного текста, заключения и приложения. Объем работы 150 страниц машинописного текста, 69 рисунков и 3 таблицы. В списке использованной литературы содержится 98 наименований.

ВВЕДЕНИЕ

Во введении к диссертации дано обоснование актуальности темы, определена цель выполняемой работы, сформулированы основные положения, которые выносятся на защиту, и основные результаты работы.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ современного состояния технологии обработки показал, что для изготовления деталей, имеющих глубокие прецизионные отверстия, используют различные варианты технологических процессов. Общим для них является то, что высокие требования по точности достигаются с помощью методов доводки. Большую роль в разработке этих процессов, автоматизации производства и в совершенствовании технологии обработки прецизионных отверстий сыграли работы А.И.Павлючука, И.Е.Фрагина, И.Х.Чеповицкого, Г.И.Панина, В.В.Масловского, П.Д.Дудко, А.П.Ребиндера, И.В.Гребенщикова, П.И.Ядерщина, М.С.Наермана, С.А.Попова, Б.Г.Левина и многих других исследователей. Однако, несмотря на заметные успехи в деле совершенствования операций доводки, последние имеют низкую производительность, высокую трудоемкость.

Предварительно установлено, что основным направлением совершенствования процессов доводки отверстий является интенсификация процессов исправления погрешностей геометрической формы. Это достигается за счет создания перепада скоростей съемов с точек обрабатываемой поверх-

ности. Наиболее перспективным направлением представляется использование комбинированных электрохимических методов обработки и повышение жесткости системы "инструмент-деталь".

Перспективным направлением повышения эффективности операций доводки является определение их параметров на основе использования методов оптимизации. Большую роль в разработке и развитии теории оптимизации технологических процессов сыграли работы А.М. Вульфа, А.Д. Макарова, Г.К. Горанского, В.Г. Митрофанова, Ю.М. Соломенцева, А.А. Маталина, М.М. Тверского, Н.М. Капустина и многих других исследователей. Однако в большинстве существующих методик оптимизации технологических процессов не уделено внимания операциям доводки прецизионных отверстий малого диаметра. Большая часть исследований, проведенных в области технологии обработки прецизионных отверстий, направлена на повышение точности и производительности отдельных операций доводки и не затрагивает вопроса повышения эффективности технологических процессов доводки отверстий.

В конце раздела сформулированы цель и задачи исследования.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ДОВОДКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ОТВЕРСТИЙ

В общем виде задача выбора оптимального варианта технологического процесса заключена в определении искомых технологических параметров варианта, гарантирующего изготовление деталей в соответствии с требованиями чертежа, а также отвечающего конкретным производственным условиям и имеющего наибольшую эффективность. Для решения поставленной задачи оптимизации необходимо выявить совокупность исходных данных, выбрать критерий оптимальности и разработать математическую модель технологического процесса доводки с наложенной системой ограничений.

В качестве критерия оптимальности выбраны приведенные затраты на доводку одного отверстия в ходе выполнения всего технологического процесса

$$C_{т.п} = \sum_{j=1}^n C_j$$

где C_j — приведенные затраты на доводку одного отверстия на j -й операции.

При реализации процесса доводки происходит непрерывное изменение состояния поверхности обрабатываемого отверстия. Это состояние на различных стадиях обработки можно характеризовать двумя группами параметров. Первая группа включает в себя размерные параметры A_{PI} , вто-

рая - параметры $\bar{A}_{ф.м.}$, отражающие физико-механические свойства поверхностного слоя обрабатываемого отверстия.

При моделировании процесс доводки будем рассматривать как оператор, который перерабатывает входную информацию в выходную (рис.1). Входная информация описывается с помощью следующих параметров: входных параметров состояния поверхности отверстия $\bar{A}_{вх}$, неконтролируемых параметров $\bar{П}$, времени доводки t и управляющих параметров процессов доводки $\bar{УП}$. Последние включают в себя:

$$\bar{УП} = \langle \bar{П}_н, \bar{П}_и, \bar{П}_{р.м} \rangle,$$

где $\bar{П}_н$ - группа параметров настройки оборудования; $\bar{П}_и$ - группа параметров инструмента; $\bar{П}_{р.м}$ - параметры рабочего материала. Выходная информация описывается с помощью выходных параметров состояния $\bar{A}_{вых}$ и показателей процесса доводки.

При таком подходе модель процесса доводки должна содержать в себе информацию об изменениях величин всех параметров состояния поверхности отверстия в ходе реализации процесса.

Операцию доводки можно рассматривать как процесс доводки, для которого регламентированы входные и выходные значения параметров состояния (рис.2). Выходные значения размерных параметров, которые должны быть достигнуты в ходе выполнения операции, регламентируются вектором $\bar{РП}$.

Задача оптимизации в случае использования моделей, содержащих в себе информацию о всех компонентах вектора состояния \bar{A} , относится к разряду многокритериальных. Процесс решения подобных задач чрезвычайно трудоемок. Поэтому поставленная задача сведена к однокритериальной путем "пороговой" оптимизации. В этом случае оптимизация осуществлялась по отношению к лимитирующему размерному параметру, а остальные параметры переводились в разряд ограничений. Под лимитирующим параметром U операций доводки понимается один из контролируемых размерных параметров, регламентированное значение которого при существующих требованиях и состоянии технологии доводки устойчиво достигается последним. В общем виде модель любого процесса доводки может быть представлена следующим образом

$$\left. \begin{aligned} u_{it} = F(u_{in}, \bar{УП}_i, t), \quad \bar{УП}_i \in |\bar{УП}_н, \bar{УП}_в|, \\ 0 \leq t \leq \tau_{max}, \quad i = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \right\}$$

где u_{in} и u_{it} - исходное и текущее значения лимитирующего параметра, $\bar{УП}_н$ и $\bar{УП}_в$ - векторы нижних и верхних границ варьирования управ-

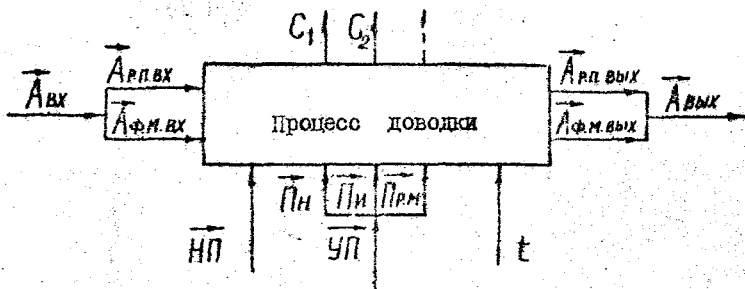


Рис. 1. Структурная схема модели процесса доводки

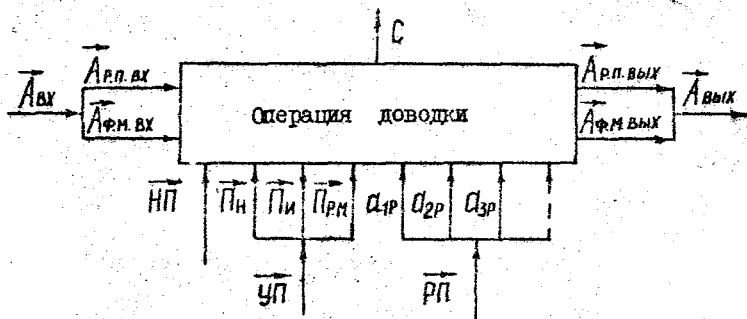


Рис. 2. Схема модели операции доводки

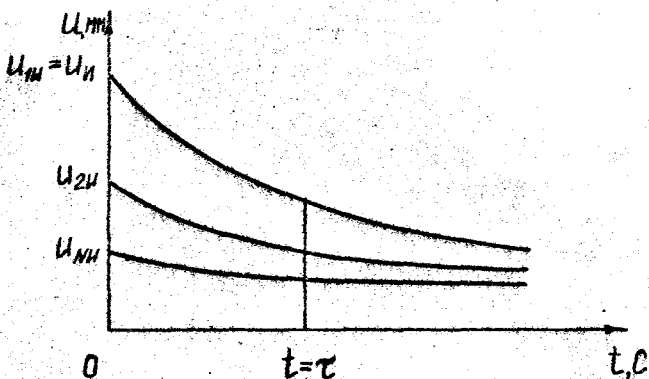


Рис. 3. Изменение во времени лимитирующего параметра

ляющих параметров; τ_{\max} - максимально возможная длительность осуществления данного процесса доводки; N - количество обрабатываемых отверстий.

Для рассматриваемого класса отверстий в качестве лимитирующего параметра может выступать отклонение от прямолинейности оси. Графическое изображение модели приведено на рис.3. При построении модели были приняты следующие допущения. Во-первых, течение процесса доводки в момент времени $t > \tau$ не зависит от состояния процесса в предшествующий момент времени $t < \tau$. Это дает возможность использовать для моделирования одного варианта процесса только одну кривую, выходящую из точки $U_{cm} = U_{н}$. Во-вторых, для подобных кривых можно принять допущение, что они являются дифференцируемыми, монотонно убывающими и вогнутыми. Им соответствуют монотонно возрастающие отрицательные первые производные.

Решение задачи оптимизации упрощается, если перейти к стоимостной модели. Для этого использовано выражение

$$C_{n,j} = \left(E_{p,xj} + E_{x,xj} \frac{t_{cm}}{T} + \frac{U_{н}}{T} \right) t$$

где $E_{p,xj}$ и $E_{x,xj}$ - стоимостные коэффициенты, равные приведенным затратам на одну станкосекунду рабочего и холостого ходов оборудования, руб./с; t_{cm} - время на смену и подналадки инструмента, приходящееся на период стойкости инструмента, с; T - период стойкости, с; $U_{н}$ - приведенные затраты, обусловленные эксплуатацией режущего инструмента за период его стойкости, включая затраты на переточку и заработную плату наладчика, руб. Приведенные затраты, связанные с холостым ходом оборудования, определяются по формуле

$$C_{x,nj} = E_{x,xj} t_0$$

где t_0 - часть основного времени, не зависящая от управляющих параметров, затрачиваемая на холостые хода оборудования, с. Преобразование модели процесса доводки с помощью показателя приведенных затрат возможно для каждого конкретного варианта этого процесса при принятии допущения о равномерном износе инструмента. Принцип преобразования модели показан на рис.4, где $\varepsilon = |U_t - U_{н}|$.

Разработанная модель процесса доводки содержит в себе информацию о кривых, количество которых соответствует количеству фиксированных значений вектора управляющих параметров. Для снижения трудоемкости решения задачи оптимизации необходимо исключить из модели заведомо неоп-

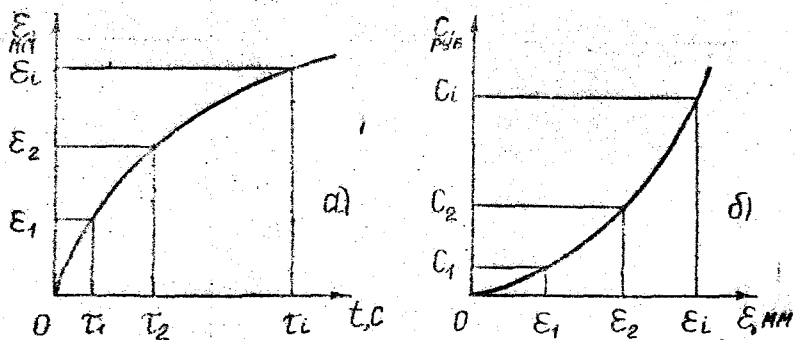


Рис. 4. Схема преобразования модели

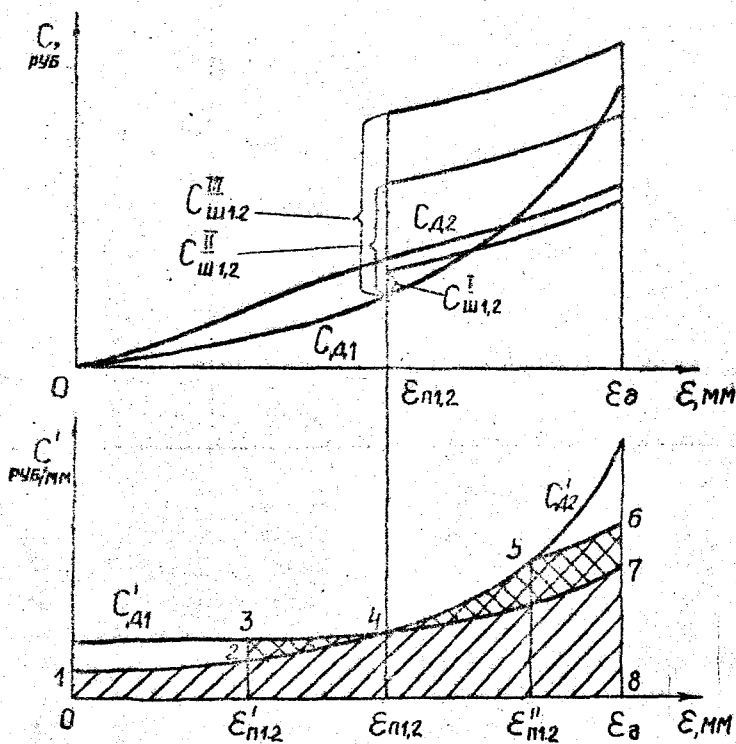


Рис. 5. Графическое определение оптимального варианта технологического процесса

тимальные варианты реализации процесса. К таким вариантам относятся те, которым соответствуют сравнительно большие приведенные затраты на уменьшение величины лимитирующего размерного параметра. Учитывая существенное влияние параметров инструмента на интенсивность изменения величины лимитирующего параметра, наиболее актуальной является задача уточнения интервала управляющих параметров процессов за счет предварительного выбора рациональных параметров разжимных притиров.

3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗЖИМНЫХ ПРИТИРОВ

Разжимные притиры для обработки цилиндрических отверстий представляют собой разрезанную вдоль оси цилиндрическую втулку с внутренним коническим отверстием. При проектировании разжимных притиров очень важно определить следующие величины размерных параметров, гарантирующих работоспособность инструмента при заданных условиях:

$$\bar{P}_p = \langle l, D_n, S_n, K, H, S_n, h \rangle,$$

где l - длина притира, D_n - наружный диаметр, S_n - начальная ширина разреза, K - величина конусности внутреннего отверстия, H - толщина стенки притира, S_n - ширина продольного паза, h - толщина стенки притира под пазом.

Размерные параметры притиров должны определяться из следующих граничных условий

$$M_{тр.в} \geq [M_{кр. max}], P_{раз} \leq [P_{ст}], \Delta y \geq [\Delta_{min}].$$

где $M_{тр.в}$ - момент трения, препятствующий провороту притира на оправке; $[M_{кр. max}]$ - предельно допустимый крутящий момент в зоне притивки; $P_{раз}$ - усилие, потребное на разжим притира; $[P_{ст}]$ - допустимая величина усилия, развиваемая механизмом разжима станка; Δy - величина упругого разжима притира; $[\Delta_{min}]$ - минимально допустимая величина упругого разжима.

Длину и наружный диаметр притира можно определить исходя из параметров обрабатываемого отверстия. Параметры S_n , S_n и K можно найти из конструктивных соображений и из условий эксплуатации. Тогда величины $M_{тр.в}$, $P_{раз}$ и Δy будут главным образом зависеть от толщин стенок притира H и h .

Для составления методики расчета предварительно были разработаны расчетные схемы для притиров без пазов и с пазами, выявлены количественные зависимости. Определение параметров \bar{P}_p производится на двух этапах. На первом определяются конструктивные параметры притиров,

а на втором — величины размерных параметров. Разработанная методика расчета разжимных притиров может быть положена в основу для создания подсистемы автоматизированного проектирования технологической оснастки.

4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Поставленную задачу оптимизации графически можно интерпретировать как задачу об отыскании траектории движения точки, описывающей возрастание величины показателя приведенных затрат по мере уменьшения величины лимитирующего параметра на величину ϵ_0 , которой соответствует минимальное значение критерия оптимальности.

Решение задачи оптимизации в случае, когда на операцию доводки предварительно регламентированы входные и выходные значения параметров состояния, сводится к определению величины управляющих параметров и производится в два этапа. На первом определяются варианты реализации каждого из процессов доводки $D_1, D_2, \dots, D_1, \dots, D_n$, содержащие соответственно $L_1, L_2, \dots, L_1, \dots, L_n$ вариантов, которым соответствуют наименьшие значения показателя приведенных затрат

$$\min_{D_i} C_{di} = \min_{L_1, L_2} [C_{d11}, C_{d12}, \dots, C_{d1L_1}], D_i \in [D_1, D_n]$$

На втором этапе среди выбранных вариантов процессов доводки выбирается оптимальный

$$\min_{D_i} C = \min_{L_1, L_2} [C_{d1}, C_{d2}, \dots, C_{d1}, \dots, C_{dn}]$$

При неизвестной структуре технологического процесса подлежат определению количество и последовательность выполнения операций доводки, входные и выходные значения параметров состояния на каждой операции, а также управляющие параметры. Алгоритм решения задачи в этом случае предусматривает двухуровневую оптимизацию. На первом уровне из множества Ω всевозможных вариантов технологических процессов отбрасывается множество вариантов ν_1 , о котором известно, что оно заведомо не содержит оптимальный вариант. В результате определяется новое множество допустимых вариантов

$$\Omega_1 = \Omega \setminus \nu_1$$

Для этого разработан формальный алгоритм формирования множества Ω_1 .

На втором уровне определяется значение критерия оптимальности для каждого варианта множества Ω_1 . Затем выбирается оптимальный вариант, которому соответствует минимальное значение критерия оптимальности

$$\min_{\substack{0, \varepsilon_2 \\ \varepsilon_2}} C_{\tau, n} = \min_{\substack{0, \varepsilon_2 \\ \varepsilon_2}} \left\{ \left[C_{D1} \Big|_0^{\varepsilon_2}, C_{D2} \Big|_0^{\varepsilon_2}, \dots, C_{D\beta} \Big|_0^{\varepsilon_2} \right], \left[\left(C_{D1} \Big|_0^{\varepsilon_{n1,2}} + C_{\omega_{1,2}} + C_{D2} \Big|_{\varepsilon_{n1,2}}^{\varepsilon_2} \right), \left(C_{D1} \Big|_0^{\varepsilon_{n1,3}} + C_{\omega_{1,3}} + C_{D3} \Big|_{\varepsilon_{n1,3}}^{\varepsilon_2} \right), \dots, \left(C_{D1} \Big|_0^{\varepsilon_{n1,\beta}} + C_{\omega_{1,\beta}} + C_{D\beta} \Big|_{\varepsilon_{n1,\beta}}^{\varepsilon_2} \right), \left(C_{D2} \Big|_0^{\varepsilon_{n2,3}} + C_{\omega_{2,3}} + C_{D3} \Big|_{\varepsilon_{n2,3}}^{\varepsilon_2} \right), \left(C_{D2} \Big|_0^{\varepsilon_{n2,4}} + C_{\omega_{2,4}} + C_{D4} \Big|_{\varepsilon_{n2,4}}^{\varepsilon_2} \right), \dots, \left(C_{D2} \Big|_0^{\varepsilon_{n2,\beta}} + C_{\omega_{2,\beta}} + C_{D\beta} \Big|_{\varepsilon_{n2,\beta}}^{\varepsilon_2} \right), \dots, \left(C_{D(\beta-1)} \Big|_0^{\varepsilon_{n(\beta-1),\beta}} + C_{\omega_{(\beta-1),\beta}} + C_{D\beta} \Big|_{\varepsilon_{n(\beta-1),\beta}}^{\varepsilon_2} \right) \right], \dots, \left[\left(C_{D1} \Big|_0^{\varepsilon_{n1,2}} + C_{\omega_{1,2}} + C_{D2} \Big|_{\varepsilon_{n1,2}}^{\varepsilon_{n2,3}} + C_{\omega_{2,3}} + \dots + C_{D(\beta-1)} \Big|_{\varepsilon_{n(\beta-2),(\beta-1)}}^{\varepsilon_{n(\beta-1),\beta}} + C_{\omega_{(\beta-1),\beta}} + C_{D\beta} \Big|_{\varepsilon_{n(\beta-1),\beta}}^{\varepsilon_2} \right) \right] \right\}.$$

Здесь отбрасывается множество вариантов ν_2 , не содержащее оптимальный вариант. В результате получается множество оптимальных вариантов

$$\Omega_2 = \Omega \setminus \nu_1 \setminus \nu_2.$$

На рис. 5 приведен пример решения задачи оптимизации при двух известных моделях процессов доводки D_1 и D_2 .

На основании полученных межоперационных значений лимитирующего параметра определяют соответствующие им величины удаляемого припуска и длительности обработки. Применение для управления точностью доводки всех трех параметров позволяет прогнозировать и контролировать течение процесса и тем самым способствует повышению гибкости операций доводки. Использование результатов исследований дает возможность создать подсистему САПР технологических процессов обработки деталей, имеющих глубокие прецизионные отверстия малого диаметра.

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения вида расчетных схем притиров без пазов и с пазами проведены экспериментальные исследования характера взаимодействия притиров с оправкой при разжиме. Выявлено, что при разжиме притиров без пазов в контакте с конической оправкой находится участок их внутренней поверхности с центральным углом $105^\circ \dots 120^\circ$, расположенный на-

против разреза, и два участка малой длины около разреза. При разжиме притиров с пазами он контактирует с оправкой частями внутренней поверхности, находящимися под пазами и у краев разреза. Для практического использования зависимостей, полученных на основе расчетных схем, определены значения приведенных коэффициентов трения.

Неплотное прилегание притира к оправке приводит к снижению жесткости системы "притир-оправка". Для оценки жесткости этой системы было проведено сравнение величин деформаций притиров без пазов и с пазами в различных направлениях. В результате выявлено, что в рабочем диапазоне значений сил, действующих на притир в процессе доводки, деформация системы "притир-оправка" в основном происходит за счет выбора зазора между притиром и оправкой.

Исследования процессов электрохимической доводки произведены на экспериментальной установке, созданной на базе модернизированного хонинговального станка модели 3820. Для оценки точности электрохимического хонингования, электрохимической притирки и абразивной притирки и получения зависимостей, описывающих изменения в процессе доводки лимитирующего параметра, обрабатывалась партия, содержащая 200 деталей. Исследование показало, что для повышения эффективности технологических процессов обработки прецизионных отверстий предварительную доводку целесообразно производить с использованием методов электрохимической доводки. Причем, электрохимическое хонингование эффективно использовать для уменьшения величины отклонения от прямолинейности оси до 0,002...0,003 мм, а электрохимическую притирку — до 0,001 мм. Использование электронной системы, управляющей подачей технологического тока в зависимости от положения инструмента относительно обрабатываемого отверстия, позволило практически избежать явления растравливания кромок отверстий и снизить количество подналадок выходов инструмента из отверстия на 20...30%.

6. МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКА ОСНАСТКИ

В этом разделе описана модернизация станка модели 3820 для электрохимической доводки. Описана конструкция хонинговальной головки для электрохимического хонингования с электромагнитным креплением брусков, позволяющая увеличить срок службы брусков. Разработаны прогрессивные конструкции разжимных притиров и даны рекомендации по выбору их параметров.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основании системного анализа построены структурные схемы, позволившие разработать модели процессов доводки прецизионных отверстий с использованием лимитирующего размерного параметра. Для глубоких прецизионных отверстий малого диаметра выявлен лимитирующий параметр — отклонение от прямолинейности оси.

2. Разработана методика выбора оптимальных параметров операций доводки глубоких прецизионных отверстий малого диаметра, позволяющая определять оптимальные значения параметров как для отдельно взятой операции, так и для группы операций, составляющих технологический процесс доводки отверстий. Использование данной методики позволяет расширить возможности существующих систем автоматизированного проектирования технологических процессов.

3. В результате теоретического и экспериментального исследования взаимодействия разжимных притиров с конической оправкой составлены расчетные схемы притиров без пазов и с базами; выявлено, что при разжиме притира между его внутренней поверхностью и оправкой образуются зазоры. Площадь контакта притира с оправкой составляет 30...40% площади внутренней поверхности притира. Последнее обстоятельство приводит к снижению жесткости инструмента для притирки отверстий.

4. Для повышения интенсивности исправления погрешностей геометрической формы отверстий при притирке необходимо уменьшить влияние зазоров между притиром и оправкой на жесткость системы "притир-оправка".

5. С целью повышения жесткости системы "притир-оправка" необходимо изготавливать на наружной поверхности притира продольные пазы глубиной не менее половины толщины стенки притира. Количество пазов следует определять с помощью методики выбора оптимальных параметров операций доводки. При проектировании разжимных притиров с доводочными брусками последние следует располагать на участках, где имеется контакт притира с оправкой.

6. Разработана методика расчета разжимных притиров, позволяющая определять параметры инструмента, гарантирующие его работоспособность при заданных условиях. Использование этой методики позволяет снизить трудоемкость решения задачи оптимизации операций притирки прецизионных отверстий.

7. Для повышения интенсивности исправления погрешности геометрической формы — отклонения от прямолинейности оси, являющегося лимитирующим размерным параметром для операций доводки отверстий, целесообразно применять операции электрохимической доводки.

8. Использование прерывистой подачи технологического тока по ходу движения инструмента относительно детали позволяет повысить точность электрохимической доводки за счет уменьшения величины растравливания кромок отверстия со стороны входа электролита.

9. Проведенные исследования позволили разработать прогрессивные конструкции разжимных притиров, инструмента для электрохимического хонингования и электрохимической притирки и провести модернизацию существующего оборудования.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Свиридов Ю.Н. и др. Совершенствование методики расчета операционных технологических размеров /Ю.Н.Свиридов, А.Е.Шевелев, Э.В.Кузьмичев. - В кн.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Челябинск: ЧПИ, 1976, вып. 178, с.5-7.

2. Свиридов Ю.Н. и др. Расчет технологических операционных размеров цилиндрических поверхностей на ЭВМ "Наири" /Ю.Н.Свиридов, А.Е.Шевелев, Э.В.Кузьмичев. - В кн.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Челябинск: ЧПИ, 1978, вып. 211, с.61-63.

3. Матвеев В.В. и др. Расчет технологических размерных цепей на ЭВМ "Наири-К" /В.В.Матвеев, Ю.Н.Свиридов, А.Е.Шевелев, Э.В.Кузьмичев. - Челябинск: ЧПИ, 1978. - 16 с.

4. Свиридов Ю.Н. и др. Расчет на ЭВМ размерных цепей с компенсирующимися погрешностями /Ю.Н.Свиридов, А.Е.Шевелев, Л.Л.Зайончик. - В кн.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Челябинск: ЧПИ, вып.249, 1980, с.70-72.

5. Шевелев А.Е., Можайцев Л.Н. Повышение стабильности процесса электрохимикомеханической обработки при использовании централизованной системы прокачки электролита. - В кн.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Челябинск: ЧПИ, 1980, вып. 249, с.88-89.

6. Шевелев А.Е. Исследование деформации притира при разжиме. - В кн.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Челябинск: ЧПИ, 1980, вып.249, с.148-151.

7. Шевелев А.Е. и др. Исследование деформации притира в поперечном направлении поляризационно-оптическим методом /А.Е.Шевелев, Л.И.Зайончик, С.И.Шульженко. - В кн.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. Челябинск: ЧПИ, 1982, вып. 278, с.84-86.

8. А.с. 944892 СССР. Притир для обработки отверстий /А.Е.Шевелев, Ю.Н.Свиридов, Л.Н.Можайцев. - Оpubл. в Б.И., 1982, № 27.

9. Шевелев А.Е. Оптимизация технологических процессов доводки

отверстий в условиях автоматизированного производства. - В кн.: Технологическое обеспечение автоматизации производственных процессов: Тез. докл. науч.-техн. конфер. Оренбург, 1983, с.19-20.

Ю. Шевелев А.Е. Особенности решения задачи выбора оптимального варианта технологического процесса доводки прецизионных отверстий. - В кн.: Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках: Тез. докл. произв.-тех. семинара. Челябинск, 1984, с.27-28.

II. Шевелев А.Е. и др. Автоматизация проектирования оптимальных технологических процессов доводки отверстий /А.Е.Шевелев, С.А.Загорский, Е.В.Загорская. - В кн.: Автоматизация процессов обработки и сборки в машиностроении. Челябинск: ЧПИ, 1984, с.41-52.

А.Е. Шевелев