

05.02.08(43)
7658

КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР

Министерство высшего и среднего специального
образования СССР

Челябинский политехнический институт
имени Ленинского комсомола

На правах рукописи

Гончарук Ринальд Васильевич

УДК 621.993.2

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ НАРЕЗАНИЯ ТОЧНЫХ ВНУТРЕННИХ
РЕЗЬБ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗАГОТОВКАХ ИЗ ТРУДНО-
ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск, 1982

Читальный зал
«Профессорский»

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте
имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор В.В.МАТВЕЕВ.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор И.А.КОГАНОВ;
кандидат технических наук
А.П.КАРАСЕВ.

Ведущее предприятие – Челябинское ПО "Завод
им. С.Орджоникидзе".


Защита состоится " ____ " _____ 1982 г. в ____ часов,
на заседании специализированного совета К.053.13.01 по при-
суждению ученой степени кандидата технических наук в Челяб-
инском политехническом 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 разслан " ____ " _____ 1982 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
К.053.13.01, кандидат
технических наук, профессор

 В.М.Меньшаков



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Развитие машиностроения на современном этапе связано с применением новых материалов, имеющих повышенные характеристики по прочности, жаростойкости, коррозионной стойкости. Механические свойства этих материалов обуславливают их низкую обрабатываемость. Для достижения требуемой точности нарезание резьбы предпочтительнее выполнять после термообработки, в условиях, когда заготовки имеют высокую твердость. При этом интенсивность износа инструментов резко возрастает и становится главным фактором, определяющим производительность и точность операции. Особенно актуальным становится вопрос выбора метода нарезания внутренней резьбы, в связи с тем, что наиболее производительный метод однопроходного резьбонарезания многолезвийным инструментом, изготавливаемым, как правило, из быстрорежущей стали, в большинстве случаев применить не удастся.

Применение традиционного метода многопроходного резьбонарезания резцами, оснащенными твердым сплавом, не решает вопрос, так как износ твердосплавных резьбовых резцов также является весьма интенсивным.

Кроме этого, нарезание внутренней резьбы резцом в заготовках, габариты или конструкции которых не позволяют вращать их относительно оси нарезаемой резьбы до настоящего времени в практике не получило распространения. В таких заготовках резьбу нарезают в основном вручную с помощью комплектов метчиков (до 6-8 штук), при этом производительность резьбонарезания оказывается низкой, наблюдается значительный расход инструмента, требуется высокая квалификация рабочих.

При многопроходном резьбонарезании конечные результаты зависят от сочетания большого количества технологических факторов, влияющих на точность геометрических параметров резьбы, однако анализ зависимости точности многопроходного нарезания резьбы от всего комплекса технологических факторов в литературе отсутствует.

Для повышения эффективности многопроходного нарезания резьбы в заготовках из труднообрабатываемых материалов необходимо создание способов и оснастки, увеличивающих производительность и точность обработки, а для нарезания резьбы в неподвижных заготовках - позволяющих применять резцы, оснащенные твердым сплавом, необходима разработка обоснованных рекомендаций по назначе-

нию режимов и схем резания по выбранному критерию оптимальности, а также анализ зависимостей точности геометрических параметров резьбы от различных технологических факторов.

Цель работы. Разработка и исследование способов и оснастки, а также выработка рекомендаций для производительного нарезания точных резьб в заготовках из труднообрабатываемых материалов, в том числе в крупногабаритных, вращение которых относительно оси нарезаемой резьбы затруднено.

Основные задачи. I. Разработка способов и оснастки для повышения эффективности многопроходного нарезания резьбы резцом, в том числе в невращаемых заготовках.

2. Разработка методики, расчетных зависимостей и руководящих материалов для определения оптимального по критерию стойкости радиуса закругления (величины среза) вершины резьбового резца.

3. Экспериментальное и аналитическое исследование кинематики разработанных устройств, выработка рекомендаций по их рациональному использованию и проектированию, руководящих материалов по выбору схем и режимов резания.

4. Определение качественных и количественных зависимостей точности геометрических параметров резьбы от различных технологических факторов при многопроходном резьбонарезании, в том числе с использованием разработанных способов и устройств.

Научная новизна. Выявлены технологические особенности образования погрешностей при многопроходном нарезании резьбы резцом. На основе их анализа предложены и обоснованы схемы вырезания профиля резьбы при совместной работе двух резцов, исключаящие зависимость точности резьбонарезания от износа вершины резца. Получены аналитические зависимости для определения оптимальной геометрии и кинематики заглаблений на проход каждого из резцов.

Получены аналитические зависимости геометрических параметров разработанного заточного устройства от заданной геометрии резцов, определяющие условия автоматического достижения взаимозаменяемости по размеру от боковой базовой поверхности до вершины у резцов с разными значениями угла при вершине.

Выполнен анализ кинематики и выявлены особенности работы головки для нарезания резьбы резцом в неподвижных заготовках. Получены аналитические зависимости и разработаны рекомендации по рациональной эксплуатации и проектированию подобных головок.

На основе проведенных исследований получены расчетные зависимости для определения числа проходов, величин заглублений резца на проход и уравнение привода радиальных подач.

Получены аналитические зависимости для определения оптимального режима заглублений резца на проход по критериям наибольшей производительности и экономической эффективности.

Получены аналитические зависимости приращения среднего диаметра резьбы от радиуса закругления вершины резьбового резца.

Разработана структурная схема и получены аналитические зависимости точности геометрических параметров резьбы от различных технологических факторов при многопроходном резьбонарезании.

Новизна технических решений подтверждена авторским свидетельством (а.с. 614910) и положительным решением ВНИИПЭ по заявке № 3003435/25-08(159043).

Практическая ценность работы. Применение способа нарезания резьбы двумя резцами, работающими совместно, позволило повысить производительность за счет увеличения размерной стойкости резцов, исключения переустановок резцов в процессе обработки одной поверхности (как при раздельном нарезании резьбы двумя резцами) и уменьшения числа проходов.

Разработанный способ и устройство для заточки резьбовых резцов обеспечили возможность применения способа нарезания резьбы двумя резцами без переналадки и, кроме этого, позволили значительно (в десятки раз) увеличить производительность заточки, автоматически обеспечивая взаимозаменяемость резцов. Исключена необходимость контроля резцов по геометрическим параметрам.

Использование таблиц и номограмм приращений среднего диаметра резьбы при различных значениях радиуса закругления вершины резца упрощает определение рационального радиуса закругления вершины одиночного резьбового резца и делает более доступным практическое использование данного способа увеличения размерной стойкости резцов.

Проведенные исследования позволили разработать конструкцию головки для нарезания резьбы резцом в неподвижных заготовках, имеющей повышенную производительность и точность.

Полученные аналитические зависимости для определения величин заглубления резца на проход и количества проходов в зависимости от выбранного режима заглублений, а также разработанные по ним таблица и номограмма достаточно просты и удобны для практического применения.

Структурная схема зависимости точности геометрических параметров резьбы от технологических факторов многопроходного резьбно-нарезания позволяют качественно и количественно оценить влияние каждого фактора и суммы факторов на точность того или иного геометрического параметра резьбы и таким образом выявлять причины появления погрешности, прогнозировать точность параметров резьбы и управлять точностью резьбнонарезания, корректируя определенным образом технологические факторы.

Реализация работы. Результаты работы внедрены в Челябинском ПО "Станкостроительный завод им.С.Орджоникидзе". Годовой экономический эффект составил 80 тыс.руб.

Апробация работ. Отдельные разделы и работа в целом докладывались и обсуждались:

1. На научно-технических конференциях в Челябинском политехническом институте им.Ленинского комсомола в 1974...1981 гг.

2. На научно-технической конференции в Челябинском ПО "Станкостроительный завод им.С.Орджоникидзе" в 1976 г.

3. На всесоюзной научно-технической конференции "Прогрессивная технология формообразования и контроля резьбы" в Тульском политехническом институте в 1980 г.

4. Головка для нарезания резьбы резцом в неподвижных заготовках экспонировалась на ВДНХ СССР в 1976 г. и отмечена серебряной и бронзовой медалями.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 12 работ и 5 работ принято в печать.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы, включающего 105 наименований, и приложений. Работа содержит 149 страниц машинописного текста, 84 рисунка и 14 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показаны актуальность темы и приведены основные вопросы, которым посвящена диссертационная работа.

В первой главе приводится обзор и сравнительный анализ современных способов нарезания резьбы и заготовках из труднообрабатываемых материалов. Наиболее распространенным способом нареза-

ния резьбы в заготовках из труднообрабатываемых материалов является многопроходное нарезания резьбы резцом, оснащенным пластинкой твердого сплава. Существенным недостатком многопроходного нарезания резьбы одиночным резцом является малый период стойкости резцов, в результате чего снижается производительность операции из-за частых переналадок. Наиболее интенсивно изнашивается вершина резца, являющаяся самым нагруженным в силовом и тепловом отношении участком режущего профиля.

В литературе имеются рекомендации по повышению периода стойкости резца путем выбора марки твердого сплава, СОЖ, схемы и режимов резания. Но они в большинстве случаев могут быть использованы на практике только в условиях, достаточно сходных с условиями исследований, в результате которых они получены. В работах Н.П. Антонова предлагается и обосновывается повышение износостойкости вершины резца путем увеличения радиуса ее закругления сверх стандартной величины. Там же приводятся методика и формулы для расчета оптимального значения радиуса закругления вершины резца:

$$z_{np} = \frac{6z + 2b_1 + \sqrt{6zb_1 + b_1^2}}{6} - h_z; \quad (1)$$

$$z_{HE} = \frac{2}{3} \left(\frac{H}{2} + \frac{b}{2} - t' \right) - h_z. \quad (2)$$

Позднее, Сидоровым В.Н. и Смирновым С.Д. была предложена другая формула для расчета закругления вершины резца:

$$z = \frac{s \left(0,5 \operatorname{ctg} \frac{\varepsilon}{2} - a \right) - 2h_3 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \gamma} + c(b + b_1)}{2 \cos \frac{\varepsilon}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varepsilon}{2}} \quad (3)$$

Однако, практическое применение этих формул затруднительно, так как они включают ряд величин, определение которых требует экспериментальных исследований для конкретных условий резьбонарезания.

В литературе отсутствуют сведения о нарезании резьбы резцом в заготовках, которые нельзя вращать относительно оси нарезаемой резьбы. В то же время проблема актуальна, так как крупногабаритные детали сложной конструкции из труднообрабатываемых материалов встречаются достаточно часто.

Многопроходное нарезание резьбы резцом является регулируемым процессом, что дает возможность, зная зависимость погрешностей резьбы от технологических факторов, прогнозировать точность обработки. Среди работ, посвященных точности нарезания резьбы имеются исследования образования отклонений элементов резьбы под влиянием некоторых технологических факторов. Однако общий анализ зависимости точности нарезания резьбы методом последовательных проходов от всего комплекса технологических факторов в литературе отсутствует.

Во второй главе решалась задача повышения эффективности многопроходного нарезания резьбы резцом.

Для решения задачи работа велась по двум направлениям:

1. Разработка способов нарезания резьбы и оснастки для улучшения условий работы резьбовых резцов.
2. Разработка рациональной геометрии режущего профиля, а также методики и расчетных зависимостей для определения геометрических параметров резца.

Известный способ повышения стойкости резцов путем увеличения радиуса закругления их вершин эффективен при обработке материалов средней твердости (например, до HRC 30...35). При обработке же труднообрабатываемых материалов износ вершины резца с увеличенным радиусом остается весьма интенсивным, а его компенсация путем дополнительных заглаблений приводит к браку по среднему диаметру. Для решения задачи в работе предложено распределить формирование профиля резьбы между двумя резцами, закрепленными в одной оправке и работающими одновременно, но выполняющими разные функции: один (профильный) обеспечивает формирование боковых сторон, а другой (прорезной) — вырезает впадину профиля. Для этой цели профильный резец затачивают со стандартным, а прорезной — со значительно уменьшенным (например $\xi = 50^\circ$) углом при вершине.

При этом износ резцов лимитируется только их режущими свойствами и не влияет на точность резьбы. Предложены и исследованы варианты двухрезцовых наладок и схем вырезания профиля резьбы при двух способах расположения резцов (рис.1).

Резцы располагают в оправке с разностью вылетов Δt , как показано на рис.2. Первый способ).

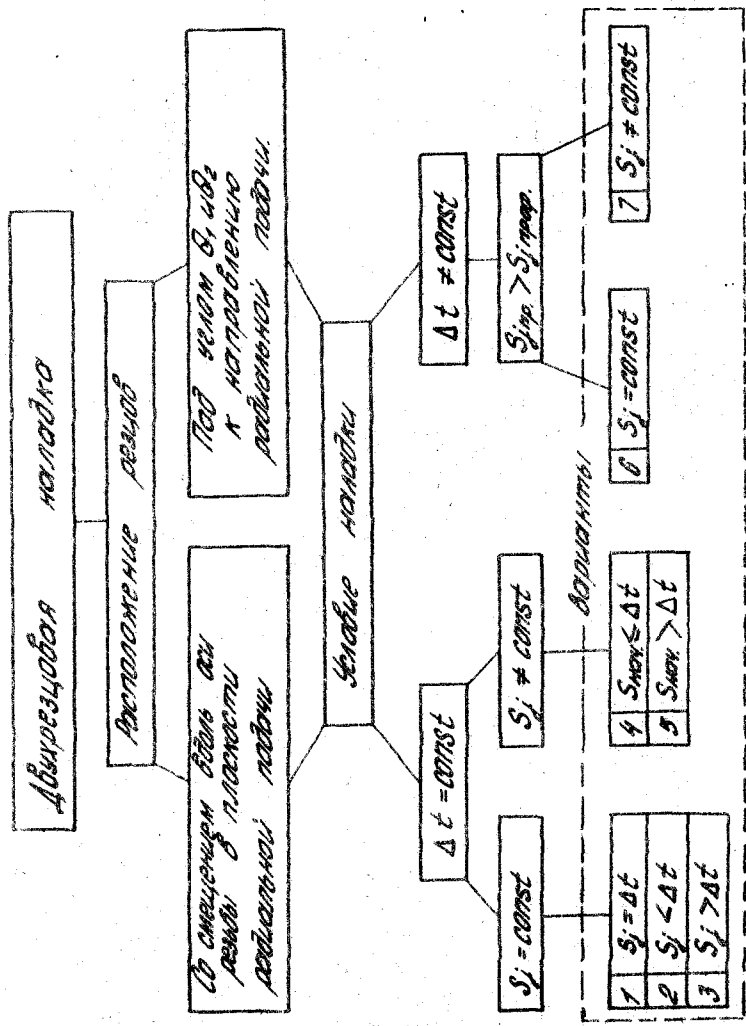
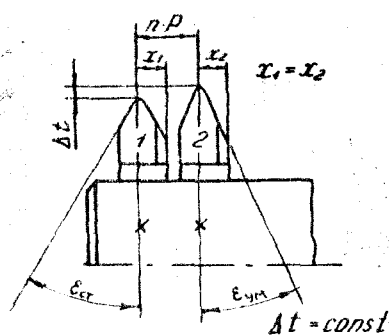


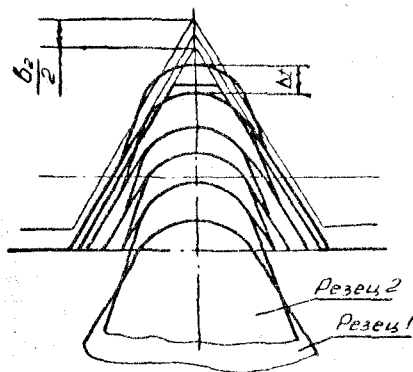
Рис.1. Схема двухрезовых наладок



а)

Рис.2.

Оправка с осевым расположением резцов (а)
и схема вырезания профиля резьбы (б)



б)

При таком расположении резцов на каждом проходе происходит разделение стружки на три части и режущие кромки работают в условиях, приближенных к условиям свободного резания (рис.2б).

Данный способ рекомендуется применять для нарезания внутренней и наружной резьбы, без ограничения перебега инструмента.

Для нарезания глухих резьб предложен другой способ, при котором резцы располагают таким образом, чтобы плоскости, образуемые вершиной каждого из них и осью резьбы, составляли с направлением подачи S углы θ_1 и θ_2 (рис.3а). Анализ показал, что из условия оптимального конечного положения резцов, при котором профильный резец обеспечивает заданный размер по среднему диаметру, а прорезной – по наружному, при использовании полного допуска по среднему диаметру, резцы должны быть установлены следующим образом. Под большим углом устанавливают профильный резец I и с таким вылетом, чтобы в исходном положении его вершина совмещалась с поверхностью заготовки, а прорезной резец 2 устанавливают с меньшим вылетом на заданную величину – t_2 (рис.3). В результате резец 2 на первых проходах не работает, а на последних проходах заглубляется дальше резца I на величину Δt и вырезает впадину профиля резьбы (рис.3б).

В этом варианте наладки минимальное расстояние между вершинами резцов в осевом направлении не превышает $0,25P$ нарезаемой резьбы.

В результате исследования предложенных способов и схем резбонарезания получены аналитические зависимости для определения геометрии резцов и параметров настройки.

Радиусы закругления вершин резцов:

$$r_1 = 0,162P + 0,23b ; \quad (4)$$

$$r_2 = 0,072 + 0,33b + \sqrt{b(0,433P + b)} - h_2 . \quad (5)$$

Угол при вершине прорезного реза:

$$\operatorname{ctg} \frac{\varepsilon_2}{2} = \frac{0,286P\sqrt{3+b} - 3r_2}{\sqrt{3}(r_1 - r_2)} . \quad (6)$$

Исходная разность вылетов резцов в оправке для глухой резьбы:

$$-t_2 = \left(\frac{S_2}{S_1} - 1 \right) (0,6495P - r_1 + 0,5b) - \Delta t , \quad (7)$$

где S_1 и S_2 - радиальные перемещения резцов I и 2 при подаче оправки S .

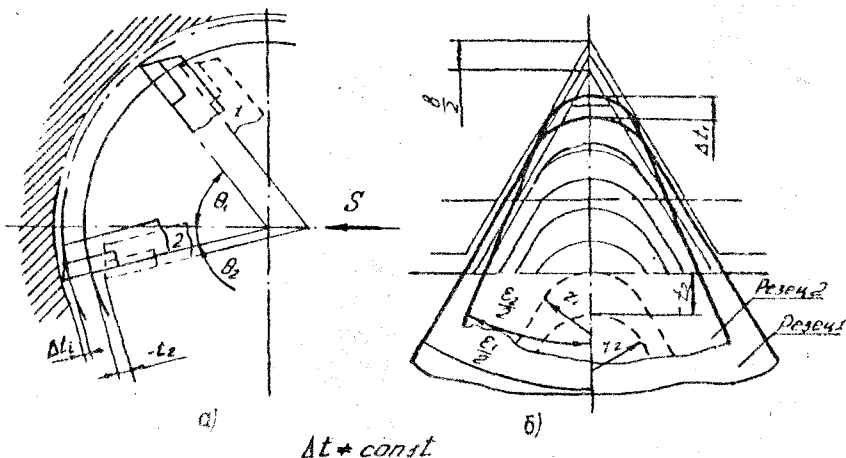


Рис.3. Оправка для нарезания глухих резьб:

а) схема установки резцов; б) схема вырезания
профиля резьбы

На способ нарезания резьбы двухрезцовым инструментом по заявке №003435/25-08/159043/ получено положительное решение ВНИИПТ о выдаче авторского свидетельства.

Использование многорезцовых инструментов для резьбонарезания в производстве затруднено усложнением наладки в связи с необхо-

димостью попадания последующих резцов в нитку, нарезанную впереди идущим резцом. Тонкая регулировка расположения резцов отнимает много времени и операция становится малопродуктивной.

Для решения вопроса разработаны способ и приспособление, автоматически обеспечивающие одинаковый размер от вершины до боковой базовой поверхности у резцов с разными углами при вершине. Это достигается совместной заточкой резцов разного профиля (рис. 4).

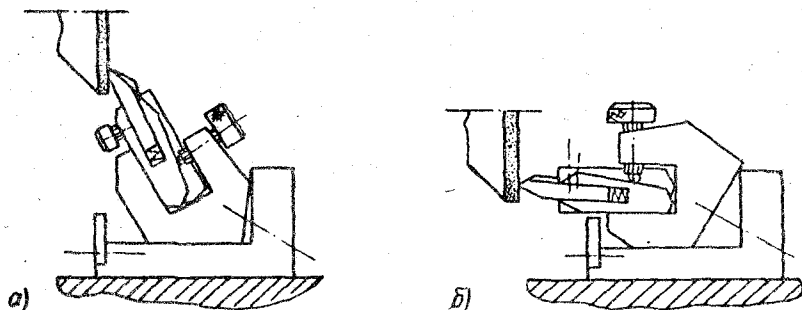


Рис. 4. Пакетная заточка резцов с разными углами при вершине: а) заточки по боковым граням; б) заточка по вершинам

В результате исследования предложенного способа заточки и заточного приспособления были получены аналитические зависимости для определения геометрических параметров приспособления для разных вариантов типоразмеров резцов и дано теоретическое обоснование данного технического решения.

Нарезание резьбы двухрезцовым инструментом наиболее эффективно может быть применено при достаточно большой программе выпуска деталей, оправдывающей затраты на изготовление оснастки. При изготовлении небольшой партии деталей может оказаться предпочтительнее нарезание резьбы одиночным резцом.

Для определения рационального радиуса закругления одиночного резьбового резца получены аналитические зависимости приращения среднего диаметра резьбы относительно номинального значения при изменении радиуса закругления вершины резца:

Для внутренней резьбы

$$\frac{1}{2} \Delta D_2 = z(2 - \cos\varphi) - 0,10825P; \quad \sin\varphi = \frac{P}{16z} \quad (8)$$

Для наружной резьбы

$$\frac{1}{2} \Delta d_2 = r(2 - \cos \varphi) - 0,2165P; \quad (9)$$

$$\sin \varphi = \frac{P}{8r},$$

где P — шаг резьбы, мм;

r — радиус закругления вершины резца, мм.

Для наиболее распространенных значений шага резьбы подсчитаны величины $\frac{1}{2} \Delta D_2 = f(r; P)$ и $\frac{1}{2} \Delta d_2 = f(r; P)$. Результаты сведены в таблицы, построены номограммы (рис.5).

Третья глава посвящена разработке и исследованию способа и устройств для многопроходного нарезания резьбы резцом в неподвижных заготовках.

При разработке способа и устройства для многопроходного нарезания резьбы резцом в неподвижных заготовках были исследованы известные способы и устройства обработки внутренних поверхностей вращающимся резцом. На основе этого исследования была спроектирована и изготовлена резьбонарезная головка, защищенная авторским свидетельством № 614910 в 1978 г.

Головка подвешивается к вертикально- или радиально-сверлильному станку, от шпинделя которого получает крутящий момент. Все необходимые перемещения резца обеспечиваются кинематической схемой головки.

Головка прошла лабораторные и производственные испытания, были исследованы ее кинематика и точностные показатели при различных режимах работы.

При проектировании механизма радиальных перемещений резца был проведен сравнительный анализ известных схем вырезания профиля резьбы, в результате которого принята равностойкостная схема, обеспечивающая постоянную величину интенсивности износа резца на каждом проходе. Для реализации данной схемы получены уравнения величин радиальной подачи резца на проход (I0), числа проходов (II) и привода радиальных подач резца (I2, I3).

$$S_j = S_h \cdot K^{i-j}; \quad (10)$$

$$K = 1 + \frac{S_h}{h};$$

$$i = \frac{\ln 2}{\ln K}. \quad (11)$$

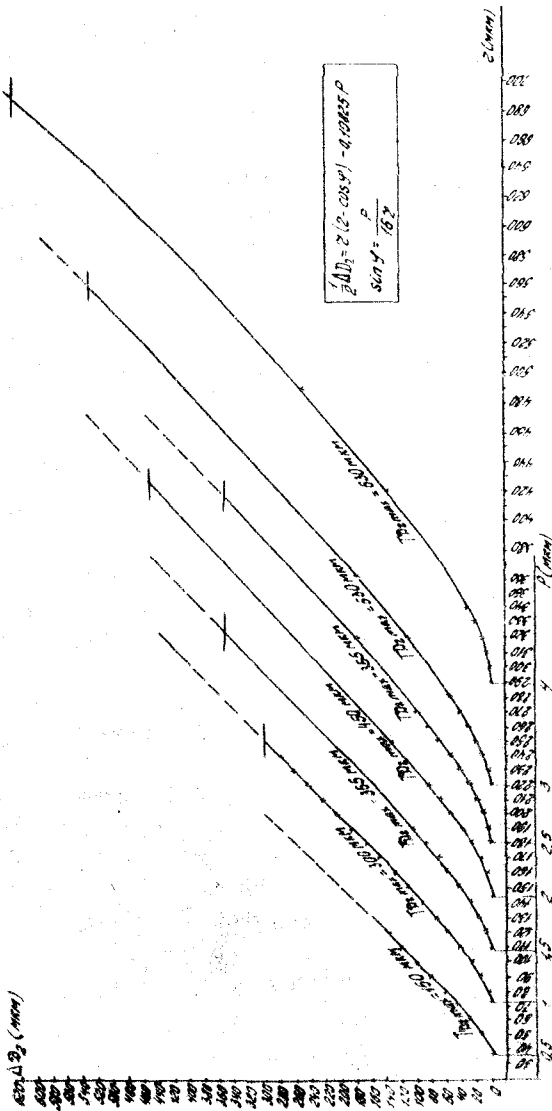


Рис. 5. Номограмма значений $\Delta D_2 = f(z; P)$ для гайки

$$R = \frac{S_h}{\Delta\varphi} \int K^{i - \frac{\varphi}{\Delta\varphi}} d\varphi; \quad (12)$$

$$R = R_0 - S_h K^i \left(1 - K^{-\frac{\varphi}{\Delta\varphi}}\right); \quad \frac{\varphi}{\Delta\varphi} = j, \quad (13)$$

где S_h - подача на последнем проходе;
 h - высота рабочего профиля резцов;
 j - номер выполняемого прохода;
 i - общее число проходов;
 φ - изменения командного элемента привода радиальных подач.

Аналитические зависимости проверялись стойкостными испытаниями, которые подтвердили их справедливость. Полученные уравнения могут быть использованы в любом резбонарезном устройстве при реализации равностойкостной схемы резания. Для наиболее рационального использования данной схемы резания в работе проведен анализ оптимизации режимов работы резбобных резцов. Получены зависимости (14), (15), которые позволяют выбирать оптимальный режим заглаблений по критериям производительности и себестоимости операции. Для сравнения эффективности двух операций по производительности рекомендуется формула:

$$\mathcal{E}_T = \tau_{\text{прох}} (i_1 - i_2) - \tau_{\text{см}} \left(\frac{[T_2]}{N_1} - \frac{[T_1]}{N_2} \right), \quad (14)$$

где \mathcal{E}_T - сравнительная эффективность по производительности;
 $\tau_{\text{прох}}$ - время одного прохода;
 $i_1; i_2$ - число проходов в сравниваемых операциях;
 $\tau_{\text{см}}$ - время простоя станка при смене резца;
 $[T_1]$ - количество переналадок за время, принятое для сравнения при стойкости T_2 ;
 N - количество поверхностей, обработанных за время работы станка, принятое для сравнения;
 $[T_2]$ - количество переналадок за время, принятое для сравнения при стойкости T_1 .

Для сравнения по себестоимости операций:

$$\mathcal{E}_c = A\tau_{\text{прох}} (i_1 - i_2) - \left(A\tau_{\text{см}} + B_{\text{зам}} + \frac{B_{\text{ин}}}{Z} \right) \left(\frac{[T_2]}{N_1} - \frac{[T_1]}{N_2} \right), \quad (15)$$

где A - себестоимость станкоминуты работы оборудования без затрат на инструмент, коп./мин. ;

0195544

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СВЯЗЬ ТОЧНОСТИ НАРЕЗНИЯ РЕЗЬБЫ РЕЗЬБОМ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ / СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

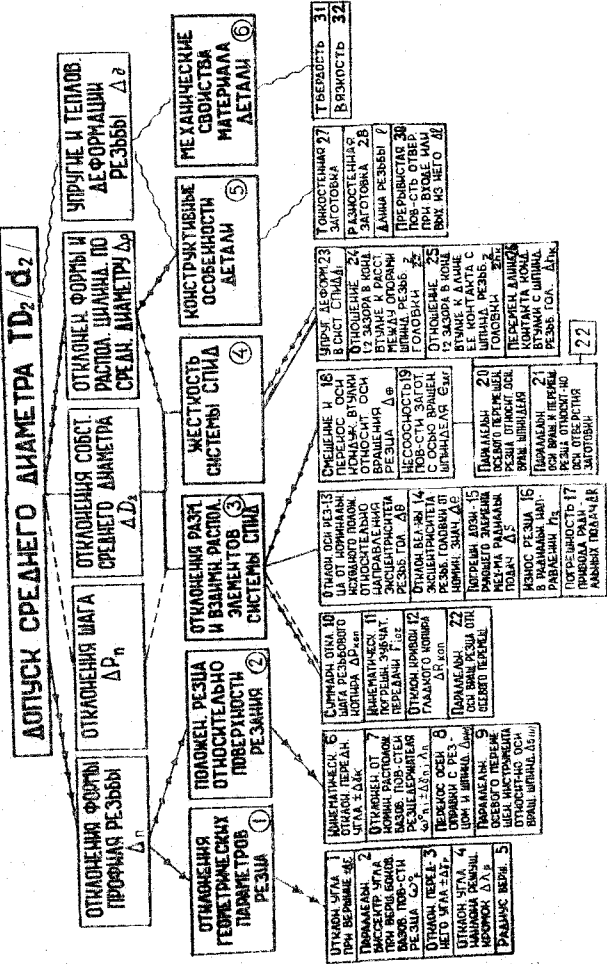


Рис. 6. Структурная схема связи геометрических параметров резьбы с технологическими факторами при многопроходном нарезании резьбы

- $B_{зат}$ - стоимость заточки реза, коп. ;
 $B_{ин}$ - стоимость единицы инструмента, коп. ;
 Z - количество переточек одного реза за период его эксплуатации.

Анализ уравнений и расчеты конкретных примеров применительно к производственным условиям показали, что режим заглублений оптимальный по производительности оказывается и наиболее экономичным.

Полученные уравнения могут быть использованы при любом способе многопроходного нарезания резьбы резцом.

В четвертой главе исследовались зависимости погрешностей резьбы от различных технологических факторов при многопроходном резьбонарезании, в том числе с использованием разработанных способов и устройств. В результате получена многофакторная структурная схема (рис.6) и аналитические зависимости, устанавливающие связь между отклонениями геометрических параметров резьбы и различными технологическими факторами. На схеме отклонения геометрических параметров резьбы связаны с комплексными технологическими факторами. Каждый из шести комплексных факторов разложен на составляющие. Для удобства анализа комплексные и составляющие технологические факторы пронумерованы.

Комплексные факторы 1 и 2. Суммируя факторы 1...3, определяющие отклонения половины угла профиля резьбы, получим:

$$\Delta \frac{\alpha}{2} = \frac{\left| +\left(\frac{\Delta \varepsilon_n}{2} - \Delta \frac{\varepsilon_r}{2} - \Delta \frac{\varepsilon_\lambda}{2}\right) + \omega_p \pm \omega_n \right| + \left| +\left(\frac{\Delta \varepsilon_n}{2} + \Delta \frac{\varepsilon_r}{2} - \Delta \frac{\varepsilon_\lambda}{2}\right) + \omega_p \mp \omega_n \right|}{2}. \quad (16)$$

3. Отклонения размеров и взаимного расположения элементов системы СПИД вызывают

- а) накопленную погрешность шага

$$\Delta P_n = \Delta P_{кон} \pm F_{ioz} ; \quad (17)$$

- б) погрешность собственно среднего диаметра:

при действии факторов I3...I6

$$\Delta D_{2\Sigma} = e(1 - \cos \Delta \theta) \pm \Delta e(1 - \cos \theta) \pm 2\Delta S - 2h_z, \quad (18)$$

при действии факторов I5...I7

$$\Delta D_{2\Sigma} = 2\Delta R_\varphi \pm 2\Delta S - 2h_z. \quad (19)$$

4. Жесткость системы СИИД. Этот комплексный фактор обуславливает отклонения шага, половины угла профиля, формы и расположения цилиндра по среднему диаметру резьбы. Величины отклонений определяются длиной кондукторной втулки, зазором в ней, соотношением расстояний между опорами шпинделя резьбонарезной головки и точкой приложения силы резания.

Пятый и шестой комплексные факторы определяют упругие и тепловые деформации резьбы, являются постоянными, нерегулируемыми и учитываются при настройке операции.

Разработанная схема и аналитические зависимости облегчают диагностику погрешностей резьбы, настройку операции и позволяют прогнозировать точность резьбы.

Пятая глава посвящена разработке рекомендаций по технологии резьбонарезания с использованием разработанных устройств.

Для обеспечения рационального проектирования, изготовления, настройки и эксплуатации разработанных устройств: двухрезцовой оправки, заточного приспособления и резьбонарезной головки были выявлены и исследованы особенности их кинематики и технологии изготовления. В результате получены расчетные зависимости, связывающие геометрические параметры устройств, выработаны рекомендации по наиболее эффективному их использованию.

Для упрощения использования расчетных зависимостей разработана номограмма для определения числа проходов i , коэффициента заглублений K и радиальной подачи на первом проходе S_1 в зависимости от выбранного режима заглублений при равностойковой схеме резания.

Для определения характеристик разработанных устройств по производительности и точности резьбонарезания были проведены их испытания и экспериментальные исследования, в результате которых установлен следующий диапазон внутренних резьб, нарезаемых с помощью двухрезцовой оправки и резьбонарезной головки:

номинальный диаметр $D \geq 30$ мм;

шаг P - без ограничений;

точность - 5...6 степени.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработанные и исследованные способ и оснастка для многопроходного нарезания сквозных и глухих резьб двумя резами,

практически исключают зависимость точности резьбонарезания от радиуса закругления (величины среза) вершины резца, получаемого в результате износа. Износ вершины каждого резца лимитируется только режущими свойствами вершинного лезвия. Для определения геометрических параметров резцов, рационального расположения их относительно друг друга и поверхности заготовки, а также кинематики заглаблений каждого резца получены аналитические зависимости и рекомендации.

2. Разработаны и исследованы способ и оснастка для групповой заточки резцов с разными углами при вершине, обеспечивающие их взаимозаменяемость по размеру от боковой базы до вершины. При этом исключается необходимость контроля резцов по геометрии режущего профиля.

3. Разработаны методика, таблицы и номограммы, упрощающие определение рационального радиуса закругления вершины резьбового резца.

4. Разработаны и исследованы метод и оснастка для многопроходного нарезания резьбы вращающимся резцом в крупногабаритных заготовках с нетехнологичным расположением резьбовых отверстий. Получены расчетные зависимости, методика, таблица и номограмма для определения рациональных подач и числа проходов, а также уравнение радиальных подач резьбонарезного устройства в зависимости от принятого режима заглаблений.

5. Разработана классификация комплексных и частных технологических факторов при многопроходном нарезании резьбы резцом, установлена функциональная связь с ними геометрических параметров резьбы и получены аналитические зависимости, позволяющие количественно оценить действие этих факторов.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Гольдфельд М.Х., Гончарук Р.В. Устройство для нарезания внутренней резьбы в неподвижных заготовках. - В сб.: Технология машиностроения, Тула: ТПИ, 1972, вып.26, с.164-168.

2. Гольдфельд М.Х., Гончарук Р.В. Модернизация резьбонарезной головки. - В сб.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки, Челябинск: ЧПИ, 1974, № 145, с.85-89.

3. Гольдфельд М.Х., Гончарук Р.В. Изменение кинематических углов резания при нарезании резьбы головкой. - В сб.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки, Челябинск: ЧПИ, 1978, № 211, с.44-47.

4. Гольдфельд М.Х., Гончарук Р.В. Исследование кинематики резьбонарезной головки для нарезания внутренней резьбы резцом.- там же, с.47-50.

5. Гольдфельд М.Х., Гончарук Р.В. Головка для нарезания внутренней резьбы резцом в неподвижных заготовках.- Станки и инструмент, М., 1978, № 8, с.30-31.

6. Гольдфельд М.Х., Гончарук Р.В., Кашутин Ю.Н., Загородский В.В. Головка для нарезания резьбы резцом.- Авторское свидетельство № 614910, СССР, 1978, бюллетень № 26.

7. Гончарук Р.В. Погрешности резьбы при нарезании резцом.- В сб.: Исследования в области технологии образования наружных и внутренних резьб, резьбонарезающих инструментов, станков и методов контроля резьб, Тула: ТПИ, 1981, с.51-52.

8. Гончарук Р.В. Погрешности резьбы при нарезании резцом с помощью резьбонарезной головки с резьбовым копиром.- В сб.: Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки, Челябинск: ЧПИ. 1980, № 249, с.3-5.

9. Гончарук Р.В. Резьбонарезная головка с разъемным копиром. - там же, с.8-12.

10. Гольдфельд М.Х., Гончарук Р.В., Коношлев В.Н., Гольдфельд Э.М. Способ многопроходного нарезания резьбы резцами. Заявка № 3003435/25-08 (I59043) от 10.II.80 г.

Гончарук Ринальд Васильевич

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ НАРЕЗАНИЯ ТОЧНЫХ ВНУТРЕННИХ
РЕЗЬБ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗАГОТОВКАХ ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения"

Подписано в печать 15.У1.82 г. ФБ01134. Формат 60x90/16. Печ. л. 1,25. Уч.-изд.
л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 249/807.

УМН ЧПИ. 454044, г. Челябинск, пр. им. В.И.Ленина, 76.