

1547474

На правах рукописи

КУЗНЕЦОВА Татьяна Валентиновна

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОТСЕЧНЫХ КРОМОК
ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ .

Специальность 05.02.08. - Технология машиностроения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

М.К.

Москва - 1995

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана

Научный руководитель доктор технических наук ,
профессор А. М. Дальский

Официальные оппоненты доктор технических наук ,
профессор А. В. Сгибнев

кандидат технических наук,
профессор В. В. Комаров

Ведущее предприятие : Московский завод скоростных
прецизионных электроприводов

Защита состоится "24.06.98" г. в 10⁰⁰ час.

на заседании 15 в

Моск тете

имен

2-я

Ваш ен-

С д
им.

уча
дис
К С
к. т

ьев

1547474

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ .

1547474

Актуальность проблемы . В современных гидравлических приборах , следящих приводах и агрегатах широкое применение получили цилиндрические золотниковые распределители . Известно , что качество распределителей , применяемых в современных станках , авиационных агрегатах , является неудовлетворительным . Это объясняется , главным образом , тем , что при обработке прецизионных поверхностей золотников и гильз не удаётся обеспечить качество отсечных (отсекающих) кромок (остроту и прочность вершины кромок) . Результатом этого является существенное ухудшение характеристик прецизионных пар , которые в значительной степени определяются качеством кромок . Небольшое скругление отсечных кромок вызывает изменение рабочих характеристик всей гидросистемы . Величины заусенцев и сколов определяют износостойкость и безотказность работы гидросистем . Завалы кромок приводят к изменению рабочих характеристик системы и увеличению силы трения в 3 - 4 раза , повышению чувствительности золотникового распределителя к загрязнению жидкости . Острые кромки способствуют отсечанию загрязняющих жидкость механических частиц . при скруглённых кромках происходит попадание твёрдых частиц в зазор пары , что является главной причиной повышения трения в условиях эксплуатации гидроаппаратуры , способствует усиленному износу прецизионных поверхностей и , в худшем случае , может привести к частичному зависанию или заклиниванию золотника .

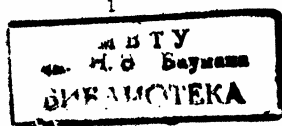
Именно поэтому к отсечным кромкам предъявляются высокие требования по точности . Скругления рабочих кромок золотника не допускаются , они должны быть чистыми и острыми на всех поясках и не иметь микро- и макротрещин , сколов , заусенцев и других дефектов .

Однако , выполнение высоких требований , предъявляемых к отсечным кромкам , представляет собой значительную проблему . Это объясняется не только тем , что в технических условиях на изготовление прецизионных деталей требования к отсечным кромкам даются в самом общем виде без указания конкретных значений параметров , характеризующих качество кромок , но и технологическими трудностями , связанными с изготовлением отсечных кромок .



1547474

Кузнецова Т.В. Исследования



При механической обработки на кромках происходит образование различных дефектов - сколов, заусенцев. В результате этого появляется необходимость проведения дополнительной операции по зачистке дефектов, при которой острые кромки не должны притупляться. При зачистке заусенцев выполнение этого требования является не только достаточно сложным и трудоёмким, но также затрудняется невозможностью точного измерения. В том случае, когда имеются значительные сколы вершины кромки, обеспечение требования "острые, ровные кромки" является просто невозможным. Поэтому на производстве дефекты зачищаются алмазным надфилем и кромки просто притупляют, придавая им радиус скругления, который, по заданным чертежами требованиям, не должен превышать 50 мкм. Однако в действительности выполнение этого требования сильно затруднено в связи с невозможностью точного измерения радиуса скругления кромки. Скругление отсечных кромок является вынужденной операцией, без проведения которой качество кромок значительно ухудшается. Радиус скругления отсечных кромок задаётся конструкторами несмотря на требования, предъявляемые к кромкам, в связи с невозможностью выполнения этих требований существующими технологическими методами.

Поэтому задача, посвящённая исследованию особенностей технологического формирования отсечных кромок прецизионных деталей, и разработка рекомендаций по улучшению качества кромок является особенно актуальной.

Необходимо отметить, что получение абсолютно острой кромки не представляется возможным. Но можно существенно уменьшить радиус скругления кромки и сделать её долговечной.

Цель работы. Повышение качества отсечных кромок прецизионных деталей и разработка рекомендаций по проведению технологических операций изготовления прецизионных деталей с отсечными кромками.

Методы исследования. Решение поставленных задач осуществлялось теоретическими и экспериментальными методами. Теоретические исследования проводились с использованием научных основ технологии машиностроения, теории резания, металловедения, теории вероятностей.

Экспериментальные исследования проводились на заводах " Знамя " , " Знамя Революции " . Московском заводе скоростных прецизионных электроприводов , во ВНИИ инструменте и в лабораториях МГТУ им. Н. Э. Баумана .

Экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях проводились на современных металлорежущих станках резцами с режущими пластинами из композита 01 (зльбор) и В0К - 60 и шлифовальными кругами из нормального электрокорунда 14А , электрокорунда белого 24А и хромтитанистого электрокорунда 91А .

Измерение параметров , характеризующих микрогеометрию кромок , производилось на микроскопе МИС - 11 . Дефекты кромок исследовались на микроскопах МИС - 11 и УИМ - 21 и электронном сканирующем микроскопе Camscan . Металлографические исследования проводились в лаборатории тонких металлографических исследований на оптическом микроскопе Leitz Metallovert . Микротвёрдость прикромочных участков измерялась с помощью твердомера Shimadzu HMV - 2000 . Износные испытания проводились на машине Шкода-Савин .

Научная новизна . Представлен механизм возникновения дефектов кромок , показана природа явлений , происходящих при обработке кромок , и технологические причины возникновения дефектов кромок прецизионных деталей в ходе механической обработки .

Практическая ценность . Разработаны рекомендации по проведению технологических операций изготовления прецизионных деталей с отсечными кромками . Даны рекомендации по выбору режимов шлифования и предложен способ обработки прецизионных деталей с отсечными кромками , позволяющий свести к минимуму размеры образующихся на кромках дефектов . Даны рекомендации по обработке кромок резцами из сверхтвёрдых материалов с целью повышения износостойкости кромок и исключения опасности шаржирования вершины кромок .

Реализация результатов исследования . Реализация разработанной методики проведения технологических операций изготовления прецизионных деталей с отсечными кромками осуществлялась на ММЗ " Знамя " и на Московском заводе скоростных прецизионных электроприводов .

Апробация работы . Основные положения диссертационной

работы доложены на кафедре Технологии машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва , 1991 - 1995).

Публикации . По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ .

Структура и объём работы . Диссертация состоит из введения , четырёх глав и общих выводов , изложенных на 201 странице машинописного текста , списка литературы , включающего 188 наименований , и приложений на 8 страницах. В работе имеется 48 рисунков и 6 таблиц .

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ .

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы и приводится в сжатой форме изложение основных результатов научной работы , представленной на защиту .

В первой главе приведены основные характеристики цилиндрических золотниковых распределителей и показано влияние качества отсечных кромок на работу пневмо- и гидросистем .

Рассмотрено состояние вопроса обработки прецизионных деталей с отсечными кромками и на базе литературных источников и заводского опыта исследованы причины низкого качества отсечных кромок и сформулированы задачи исследования .

Вопросам исследования и разработки методов обеспечения точности изготовления и повышения износостойкости прецизионных деталей гидравлических систем уделяется большое внимание . В этом направлении известны работы Бахтиярова Н.И. , Бекирова Я.А. , Логинова В.Е. , Нестерова Ю.И. , Ильина М.Г. , Орлова П.Н. , Лозовского В.Н. и других .

Обзор работ , посвящённых технологическому обеспечению качества прецизионных деталей пневмо- и гидроаппаратуры , показал , что в настоящее время применяемые методы обработки не позволяют получить качественные кромки . При механической обработке на кромках происходит образование различных дефектов (сколы , заусенцы) , при зачистке которых кромки просто притупляют , придавая им некоторый радиус скругления . Кроме этого , при шлифовании , применяемом в качестве метода чистовой обработки кромок не обеспечивается

сохранение однородности структуры поверхностного слоя , а также происходит шаржирование вершины кромки хрупкими частицами обрабатываемого материала и абразивными частицами .

Поэтому необходимо разработать способ обработки прецизионных деталей , который позволил бы свести к минимуму размеры образующихся на кромках дефектов так , чтобы их устранение происходило на доводочной операции без дополнительной зачистки кромок , а также сохранить исходную структуру материала кромки .

Во второй главе приведены результаты изучения явлений, происходящих при шлифовании прикромочных участков , и выявлены основные факторы , влияющие на качество кромок .

Определены основные параметры , характеризующие качество кромок :

1. геометрические параметры - условный радиус скругления , характеризующий остроту кромки , и максимальная высота микронеровностей ,

2. структурное состояние материала прикромочных участков .

Предложена схема формирования рельефа отсечных кромок прецизионных деталей не только в результате пересечения поверхностей с реальным микро- и макропрофилем , но и за счет взаимного наложения отдельных микросколов . Рельеф кромки в этом случае оценивается максимальной высотой микронеровностей R_{max} ; острота кромки характеризуется условным радиусом скругления . Наибольшая высота неровностей R_{max} определяется шероховатостью образующих кромку поверхностей и величиной наибольшего скола вершины кромки , острота кромки определяется абсолютной величиной скола :

$$\rho = C \cdot \sin(\beta/2) / (1 - \sin(\beta/2))$$

$$R_{max} = R_{\Sigma} / \sin \epsilon - C_{min} + C_{max}$$

или

$$R_{max} = R_{\Sigma} / \sin(\beta - \epsilon) - C_{min} + C_{max},$$

где

$$\epsilon = \arccotg((R_{\Sigma} - R_{\Sigma}) / (R_{\Sigma} + \sin \beta)) + \cotg(\beta/2)$$

R_{Σ} и R_{Σ} - шероховатости соответственно цилиндрической и торцевой поверхностей золотника .

β - угол кромки ,

C - величина скола вершины кромки .

Спин и *Стак* - соответственно минимальный и максимальный скол вершины кромки .

Для выяснения природы явлений , происходящих при шлифовании кромки , и технологических причин возникновения дефектов кромок рассмотрены процессы , происходящие на прикромочных участках при микрорезании .

По передней поверхности режущего зерна действует сила резания R_p , составляющие которой P_1 - осуществляет процесс резания и P_2 - прижимает режущий элемент к обрабатываемой поверхности . Сила R_p вызывает реакцию N_p , перпендикулярную к передней поверхности зерна , и соответствующую ей силу трения T_p . В плоскости скалывания действует составляющая силы резания P_s , срезающая материал . Перпендикулярная ей сила Q_q стремится сжать материал в направлении , перпендикулярном к плоскости скалывания . Так как при шлифовании принимается следующее соотношение составляющих сил резания $R_y = 3 P_z$, то величина составляющей Q_q превышает по своему значению величину силы P_s . При приближении зерна к краю детали происходит уменьшение толщины срезаемого слоя и увеличение угла резания . Тупой угол резания вызывает увеличение относительного значения нормальной составляющей силы резания , а , следовательно , и составляющей Q_q , действующей в направлении , перпендикулярном плоскости скалывания . Таким образом , при приближении к кромке сила Q_q , ещё больше превышает по относительному значению силу P_s , чем это было при обработке удалённых от кромки участков . В результате этого происходит скалывание вершины кромки в направлении , совпадающим с направлением действия силы Q_q , то есть перпендикулярно к плоскости скалывания . По мере дальнейшего приближения режущего зерна к краю кромки глубина резания уменьшается до 0 , передний угол стремится к 90° . Процесс резания прекращается и происходит смятие материала , что приводит к заваливанию кромки .

При обработке лезвийным инструментом , в отличие от шлифования , параметры режущего клина остаются неизменными в течении всего периода обработки . Соотношение между составляющими силы резания при точении также отлично от соотношения между составляющими силы резания при шлифовании ; так , если при шлифовании $R_y = 3 P_z$, то при точении сила

P_z является наибольшей по величине и, как правило, $P_y = (0,3 \dots 0,4) P_z$. Поэтому сила P_s , действующая в плоскости скалывания и срезающая материал, является наибольшей по величине. При приближении резца к краю детали при неизменном значении силы P_p , действующей по передней поверхности резца, происходит уменьшение относительного значения силы P_q , действующей перпендикулярно к плоскости скалывания. Так как сила P_q на прикромочных участках невелика, она не вызывает скалывания вершины кромки, как это происходит при шлифовании. При приближении резца к кромке часть пластически деформированного металла, находящегося ниже условной плоскости скалывания, не переходит в стружку, а под воздействием силы P_q , перпендикулярной к плоскости скалывания, начинает наволакиваться на поверхность, перпендикулярную к обрабатываемой, заваливая кромку. По мере дальнейшего движения резца происходит увеличение размеров заусенца, образованного пластически деформированным материалом.

Скалывание материала при обработке происходит там, где сопротивление сдвигу минимально, то есть при наименьшем значении силы, срезающей материал. Величина составляющей силы резания P_s , действующей в плоскости скалывания и срезающей материал, должна быть достаточна для преодоления сопротивления материала сдвигу, то есть

$$P_s = \alpha \cdot b \cdot \sigma_{сдв} / \sin \theta,$$

где α — глубина резания,

b — ширина срезаемого элемента,

$l = \alpha / \sin \theta$ — длина срезаемого элемента,

$\alpha \cdot b / \sin \theta$ — площадь скалывания,

$\sigma_{сдв}$ — прочность материала на сдвиг,

θ — угол скалывания.

Однако, в том случае, когда сопротивление материала скалыванию в направлении, перпендикулярном к плоскости скалывания, является наименьшим, происходит образование дефектов кромок. Сопротивление металла сдвигу в этом случае определяется как:

$$P_{сдв} = k \cdot b \cdot \sigma_{сдв} / \sin \theta,$$

где k — расстояние до вершины кромки,

b — ширина скалываемого элемента,

0,28
0

- прочность материала на сдвиг .

- угол скалывания .

То есть с приближением режущего клина к вершине кромки происходит уменьшение сопротивления материала скалыванию , что приводит к образованию дефектов . Для увеличения сопротивления материала скалыванию и уменьшения таким образом сколов вершины кромки необходимо повышать прочность материала на сдвиг $\sigma_{сдв}$ путём улучшения структуры материала прикромочных участков .

Очевидно , что для уменьшения величины образующихся на кромке дефектов необходимо снижать силовое воздействие на материал прикромочных участков . Однако , в момент врезания и при выходе шлифовального круга из зоны обработки вершина кромки подвергается повышенному силовому воздействию в результате того , что каждым абразивным зерном снимается слой увеличенной толщины . Поэтому необходимо уменьшать на прикромочных участках толщину срезаемого слоя . Обработка прикромочных участков с переменной глубиной резания позволяет также снизить тепловое воздействие на вершину кромки . Осуществление такой схемы обработки возможно , если придать режущей поверхности круга некоторую конусность .

Исследованы нестационарные условия работы технологических систем при изготовлении кромок , которые вызываются нестабильностью сил резания и неравномерностью температурных деформаций на прикромочных участках . Следствием этого является снятие неравномерного припуска и возникновение погрешностей формы на прикромочных участках . Возникающая погрешность формы составляет приблизительно 1...3 мкм . Эта величина несущественна для деталей обычной точности ; однако это не так , когда речь идёт об обработке прецизионных деталей , допуск формы которых сопоставим с возникающей погрешностью . Возникающая на прикромочных участках прецизионных деталей погрешность формы опасна тем , что она может наследоваться на последующих операциях , повлиять на условия чистовой обработки и отрицательно сказываться на рабочих характеристиках прецизионной пары и износостойкости отсекающих кромок при их эксплуатации .

Для получения качественных кромок недостаточно обеспечить только их геометрическую точность (остроту и равномер-

ный микрорельеф). Особое внимание должно быть уделено достижению оптимальных физико-механических свойств поверхностного слоя прикромочных участков, которыми определяются усталостная прочность и износостойкость кромки. Одним из основных требований, предъявляемых к качеству поверхностного слоя прикромочных участков, является сохранение однородности структуры и создание сжимающих остаточных напряжений.

Формирование поверхностного слоя прикромочных участков при шлифовании происходит под воздействием силовых и тепловых факторов, причём температура шлифования оказывает наибольшее влияние. В результате повышенной теплонапряжённости обработки прикромочных участков очень велика вероятность образования прижогов вершины кромки. В целом, при шлифовании не обеспечивается сохранение требуемой однородности структуры прикромочных участков, кроме этого, происходит шаржирование кромки хрупкими частицами обрабатываемого материала и абразивными частицами.

Улучшить качество поверхностного слоя прикромочных участков возможно при использовании для чистовой обработки кромок операции прецизионного точения. При этом достигается уменьшение температурного воздействия на материал прикромочных участков, в результате чего сохраняется исходная структура обрабатываемого материала. Под влиянием механических воздействий резца на обрабатываемую поверхность и в результате малого нагрева кромки в поверхностном слое материала прикромочных участков происходит формирование сжимающих остаточных напряжений. Таким образом, можно предположить, что обработка прецизионных деталей резцами из сверхтвёрдых материалов может существенно улучшить качество кромок за счёт сохранения однородности структуры и создания в поверхностном слое сжимающих напряжений.

В третьей главе получено экспериментальное подтверждение теоретических положений, разработанных в главе 2.

Результаты металлографических экспериментов показали, что на вершине кромки происходит образование структурноизменённого слоя (прижоги закалки с отпуском). Зона с изменённой структурой на прикромочных участках распространяется на большую глубину, чем на участках, удалённых от

кромки . Установлено , что глубина зоны термического влияния , определяемая по микротвердости поверхности , составляет около 500 мкм .

В результате проведенных экспериментов установлено , что при шлифовании деталей из стали 95Х18 уменьшение размеров образующихся на кромках заусенцев достигается при уменьшении глубины резания , частоты вращения заготовки и увеличении продольной подачи . Однако , наблюдаемое влияние этих факторов на величину образующегося дефекта незначительно и не позволяет получить отсекающую кромку , не требующую дальнейшей зачистки . Выхаживание несколько уменьшает величину образующихся на кромке дефектов , однако , это снижение слишком незначительно и не позволяет существенно улучшить качество кромок .

Поэтому предложено для снижения мгновенных усилий шлифования и уменьшения размеров образующихся на кромке дефектов обработку кромок производить кругом , заправленным на конус . При обработке кругом , заправленным на конус , происходит существенное уменьшение размеров дефектов , образующихся на кромках . Обработка таким кругом позволяет уменьшить величину заусенцев до 3 мкм , то есть почти на 60 % по сравнению с шлифованием обычным кругом прямого профиля . Дефекты , образующиеся в этом случае , могут быть удалены при последующей доводке . Исчезает необходимость зачистки кромок . По результатам экспериментальных исследований выбраны оптимальные режимы обработки для получения качественных кромок .

Результаты проведенных экспериментальных исследований подтвердили предположение о том , что обработка золотников резцами из сверхтвёрдых материалов (СТМ) позволяет существенно улучшить качество кромок . После прецизионного точения кромок образцов были ровными , без сколов . Образующиеся заусенцы соизмеримы по величине с заусенцами , образующимися после шлифования . Шероховатость обработанной поверхности Ra 0,2...0,32 , что соответствует требованиям , предъявляемым к качеству поверхности прецизионных деталей после чистовой обработки . Микротвердость обработанной поверхности остается неизменной на всей длине измерения , что свидетельствует о том , что в результате применения для об-

работки кромок операции прецизионного точения предотвращается возникновение структурно-измененного слоя на вершине кромки и достигается большая однородность структуры прикромочных участков, чем после шлифования. Преимуществом точения прецизионных поверхностей является то, что в этом случае исключается опасность шаржирования вершины кромки, как это происходит при абразивной обработке.

Износные испытания кромок показали, что обработка резцом из эльбора позволяет повысить износостойкость кромок примерно на 18%.

В четвертой главе приведены результаты работ для практического использования в производстве.

Разработаны рекомендации по усовершенствованию технологических процессов обработки золотников с целью обеспечения высокого качества отсечных кромок:

1. Для сохранения однородности структуры и уменьшения дефектов кромок прецизионных деталей при последующей обработке первую грань кромки (как правило, это торцовая поверхность золотника) следует обрабатывать резцами из эльбора.

2. Шлифование цилиндрической поверхности золотника, являющейся второй гранью, образующей кромку, следует производить кругом, заправленным на конус. Это позволяет свести к минимуму размеры образующихся на кромке дефектов и избежать проведения дополнительной операции по зачистке кромок.

3. Применение для обработки цилиндрической поверхности золотника операции прецизионного точения позволяет сохранить однородность структуры материала прикромочных участков, а также избежать опасности шаржирования вершины кромки, что приводит к повышению износостойкости кромок.

Внедрение указанной схемы обработки позволяет

- повысить производительность обработки прецизионных деталей в результате устранения необходимости проведения дополнительной операции по зачистке кромок,

- снизить процент брака по дефектам (сколам) кромок,

- повысить износостойкость кромок на 18%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ .

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований изучены процессы , происходящие на прикромочных участках при обработке торцевой и цилиндрической поверхностей прецизионных деталей , в частности , золотников .

На основании результатов работы сделаны следующие выводы :

1. Установлено , что формирование рельефа отсечных кромок прецизионных деталей происходит , главным образом , в результате взаимного наложения сколов вершины кромки . При этом рельеф кромки оценивается максимальной высотой неровностей $R_{\max}$.

2. Показано , что основными факторами , определяющими характер образующихся в ходе механической обработки дефектов кромок , являются силы резания и направление их приложения , свойства материала прикромочных участков , тепловая напряженность в зоне резания . Причиной возникновения сколов и заусенцев на кромках являются повышенные контактные нагрузки в момент врезания и выхода режущего инструмента из зоны обработки , повышенная теплонапряженность обработки прикромочных участков .

3. Установлено , что ухудшение рельефа кромок и увеличение размеров дефектов происходит при увеличении всех параметров процесса шлифования , способствующих усилению теплонапряженности обработки прикромочных участков и увеличению сил резания . Уменьшение размеров заусенцев , образующихся на кромках деталей из закаленной стали 95Х18 , достигается при уменьшении глубины резания t , мм , частоты вращения заготовки n , об/мин и увеличении продольной подачи S_0 , мм/об . Изменение этих параметров проводится в пределах тех значений , которые используются при шлифовании .

4. Обработку прецизионных деталей с отсекающими кромками следует производить с выхаживанием , что позволяет несколько уменьшить величину дефектов . Обработку золотников из закаленной до твердости 55...60 HRC стали 95Х18 кругами из электрокорунда белого зернистостью 16 и твердостью С1 следует производить с выхаживанием 6 двойных ходов . Дальнейшее увеличение числа двойных ходов выхаживания явля-

ется нецелесообразным , так как существенного повышения качества кромок при этом не достигается .

5. Доказано , что при обработке кромок кругом , режущая поверхность которого имеет некоторую конусность , достигается уменьшение сил резания на прикромочных участках в момент врезания и при выходе шлифовального круга из зоны обработки . При обработке кругом , заправленным на конус , происходит существенное уменьшение размеров дефектов , образующихся на кромках . Исчезает необходимость зачистки кромок .

6. Установлено , что структура материала прикромочных участков золотников , обработанных шлифованием , обладает повышенной дефектностью . При шлифовании не обеспечивается сохранение требуемой однородности структуры прикромочных участков . Кроме этого , происходит шаржирование вершины кромки хрупкими частицами обрабатываемого материала и абразивными частицами .

7. Для улучшения структуры материала прикромочных участков и создания в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений , повышающих износостойкость кромок , работающих со знакопеременными нагрузками , обработку прецизионных деталей с отсечными кромками следует производить резцами из сверхтвёрдых материалов (СТВ) . Для обработки золотников из стали 95Х18 , закалённой до твёрдости 55...60 HRC , следует использовать резцы из композита 01 (эльбор) .

8. Установлено , что особую роль в обеспечении качества кромок играет технологическая наследственность : сохранение однородности структуры поверхностного слоя грани кромки , которая была обработана первой , позволяет улучшить качество кромки при последующей обработке другой грани . С этой целью обработку первой грани , образующей кромку , следует производить резцами из композита 01 (эльбор) .

9. По результатам проведённых исследований разработаны рекомендации по проведению технологических операций , позволяющих улучшить качество изготовления прецизионных деталей с отсечными кромками .

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах :

1. Кузнецова Т.В. Процесс формирования отсечных кромок прецизионных деталей // Вестник Московского Государственного Технического Университета . - 1994 . - Вып. 4. - с. 117 - 121 .

2. Кузнецова Т.В. Технологическая природа дефектов острых кромок прецизионных деталей // Информационный листок / Свердловский центр научно-технической информации . - 1995. - № 191-95. - С. 1 - 4 .

3. Кузнецова Т.В. Факторы , определяющие геометрию отсечных кромок // Информационный листок / Свердловский центр научно-технической информации. - 1995. - № 192 - 95. - С.1 - 4.

4. Кузнецова Т.В. Технологическое формирование физико-механических характеристик поверхностного слоя прикромочных участков прецизионных деталей // Тезисы докладов первой научно- технической конференции молодых учёных и специалистов Ур.гос.проф.-пед.ун-та . - Екатеринбург , 1995 . - С.21.

5. Кузнецова Т.В. Особенности формирования отсечных кромок прецизионных деталей , обработанных шлифованием // Тезисы докладов первой научно - технической конференции молодых учёных и специалистов Ур.гос.проф.-пед.ун-та . - Екатеринбург , 1995 . - С. 22 - 23 .