

На правах рукописи

Одинокое Игорь Петрович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОРЦОВОЙ
КАЛИБРОВКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ
СПОСОБОМ ЛОБОВОГО ТОЧЕНИЯ**

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саратов 2009

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный технический университет»

Научный руководитель: - доктор технических наук
Решетников Михаил Константинович

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, профессор
Бекренев Николай Валерьевич

- кандидат технических наук, профессор
Гуськов Валерий Трофимович

Ведущая организация: ОАО «Научно-исследовательский
технологический институт
«НИТИ-Тесар» (г. Саратов)

Защита состоится 23 декабря 2009 г. в 13.00 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.242.02 при ГОУ ВПО «Саратовский
государственный технический университет» по адресу: 410054, г. Саратов,
ул. Политехническая, 77, корп. 1, ауд. 319.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической
библиотеке ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический
университет».

Автореферат разослан «__» ноября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета А.А. Игнатьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Наиболее эффективным процессом токарной обработки деталей подшипников является процесс, обеспечивающий наибольшую производительность их обработки по всему технологическому циклу при минимальных трудовых и материальных затратах. Это может быть достигнуто при условии повышения размерно-геометрической точности обрабатываемых на токарных автоматах деталей подшипников.

Значительная доля всех погрешностей деталей, возникающих в процессе их токарной обработки на многошпиндельных автоматах, обуславливается геометрической и кинематической точностью последних (расположение шпинделей по радиусу и углу, точность рабочего положения шпиндельного блока, точность конечного положения суппортов и пр.). В связи с этим, помимо повышения точности выпускаемых станков, следует максимально компенсировать в процессе работы эти погрешности с тем, чтобы они в наименьшей степени влияли на размерно-геометрическую точность обрабатываемых деталей.

Это становится возможным, если базирование деталей обеспечивает обработку максимального числа взаимосвязанных поверхностей (желоб и базовый торец, два торца и наружная поверхность и т.п.), а режущие инструменты самоустанавливаются относительно обработанной поверхности детали или узла станка, координаты опорной поверхности которого остаются неизменными при перемещениях суппортов и повороте шпиндельного блока.

Одной из наиболее трудоемких операций в технологическом цикле шлифовальной обработки наружных колец шариковых подшипников является шлифование их желобов. Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы после токарной обработки кольца имели минимальные допуски как по диаметру и радиусу желоба, так и по положению его относительно базового торца кольца. Важность повышения точности расположения базового торца относительно желоба кольца обосновывается еще и тем, что при шлифовании торцов допущенные при токарной обработке погрешности по положению желоба не устраняются. Поэтому исследование новых эффективных процессов токарной обработки деталей подшипников, в частности точение торцов колец, а также расширение технологических возможностей известных методов, является актуальной задачей.

Цель работы. Повышение производительности и точности торцовой калибровки колец подшипников на основе исследования механизма процесса лобового точения и построения рациональной схемы его осуществления.

Методы исследования. Построение математической модели формирования профиля желоба колец шарикоподшипника, показывающей влияние таких факторов, как погрешности позиционирования, размеров загото-

вок, настройки технологической системы на заданный размер, на формирование профиля желоба осуществлялось на основе методов технологии машиностроения, математического анализа и математической статистики. Для получения количественной оценки влияния технологических факторов торцевой калибровки колец подшипников способом лобового точения на исследуемые показатели применялось моделирование на основе многофакторного планируемого эксперимента. Опыты производились на спроектированном станке модели АПТ-805 с использованием современных средств измерения. Обработка результатов исследований производилась с использованием компьютерных программ.

Научная новизна работы:

1. Построена математическая модель формирования профиля желоба кольца подшипника, учитывающая нестабильность размеров и механических свойств материалов исходных заготовок, погрешности технологической системы, позиционирования режущего инструмента. Теоретически показано, что влияние этих факторов во многом зависит от соотношения жесткости резания и жесткости технологической системы.

2. Разработана эффективная технология торцевой калибровки колец подшипников способом лобового точения, которая по сравнению с базовой обладает повышенной производительностью и точностью, что также подтверждает проведенный размерный анализ базового и нового процессов на основе построения и расчета графа технологического процесса.

3. Экспериментально установлены зависимости основных показателей обработки (непостоянство ширины кольца V_{Cs} , непараллельность дорожки качения относительно торца кольца S_e , взаимная непараллельность торцов кольца S_c , шероховатость обработанной поверхности Ra) от технологических факторов процесса подрезки торцов способом лобового точения. Определены оптимальные условия осуществления процесса обработки наружных колец шарикоподшипников.

Практическая ценность:

- разработана и исследована технология торцевой калибровки колец подшипников способом лобового точения;

- для операции точения торцов при участии автора спроектирован и изготовлен автомат подрезки торцов АПТ – 805;

- разработаны рекомендации по практическому применению процесса лобового точения, реализация которых на ООО «Научно-производственное предприятие нестандартных изделий машиностроения» (НПП НИМ) обеспечила повышение эффективности технологии торцевой калибровки колец подшипников.

Реализация работы. Разработанная технология торцевой калибровки колец подшипников способом лобового точения, входящая в состав малоотходной линии по производству колец шарикоподшипников, а также

рекомендации по ее практическому применению переданы для внедрения в ООО «НПП НИМ». Экономический эффект от внедрения составил 2170 руб.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Механизм формирования погрешности профиля желоба шарикоподшипника, математические зависимости, отражающие влияние технологических факторов на неравномерность припуска вдоль профиля желоба.
2. Технология подрезки торцов колец шарикоподшипников способом лобового точения, при котором за счет базирования по желобу кольца и увеличения жесткости технологической системы повышаются производительность процесса и его исправляющая способность.
3. Результаты экспериментальных исследований влияния технологических факторов на производительность обработки и геометрические параметры рабочей поверхности колец шарикоподшипников.
4. Оптимальные условия осуществления процесса лобового точения торцов колец шарикоподшипников.
5. Результаты использования процесса лобового точения колец шарикоподшипников и устройства для его осуществления в производстве.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на: научно-технической конференции «Теплофизические и технологические аспекты управления качеством в машиностроении» (Тольятти, 2005 г.); Всероссийской научно-методической конференции «Современные проблемы информатизации геометрической и графической подготовки инженеров» (Саратов, 2007 г.); Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Инновации и актуальные проблемы техники и технологий 2009» (Саратов, 2009 г.); научно-технических семинарах кафедры «Технология машиностроения» СГТУ (Саратов, 2006 - 2009 гг.).

Публикации. По материалам диссертации автором опубликовано 8 печатных работ, из них 1 публикация в журнале, рекомендованном ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа содержит 135 страниц текста, в том числе 33 рисунка, 20 таблиц, 11 приложений, список использованной литературы включает 108 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, а также научные положения и результаты, выносимые на защиту.

В первой главе проведен сравнительный анализ методов токарной обработки торцов колец подшипников. Рассмотрены различные схемы ба-

зирования наружных колец шарикоподшипников по желобу. Указаны преимущества и недостатки.

Проведенный обзор исследований И.С. Беленко, В.И. Барсукова, Ю.М. Ермакова, В.П. Жукова, В.Г. Лепихова, В.А. Котлярова и других авторов показал, что значительная доля всех погрешностей деталей, возникающих в процессе их токарной обработки на многошпиндельных автоматах, обуславливается геометрической и кинематической точностью последних (расположение шпинделей по радиусу и углу, точность рабочего положения шпиндельного блока, точность конечного положения суппортов). В связи с этим, помимо повышения точности выпускаемых станков, следует максимально компенсировать в процессе работы эти погрешности с тем, чтобы они в наименьшей степени влияли на размерно-геометрическую точность обрабатываемых деталей.

Показано, что точность расположения торцов колец подшипников относительно желоба может быть повышена, а разноразмерность колец подшипников по высоте и разностенность их по желобу значительно снижены в случае использования поверхности желоба в качестве установочной и зажимной базы при токарной обработке. С учетом вышеизложенных положений сформулированы задачи исследований:

1. Разработать математическую модель, раскрывающую механизм формирования погрешности профиля желоба шарикоподшипника, учитывающую нестабильность размеров и механических свойств материалов исходных заготовок, погрешности технологической системы, позиционирования режущего инструмента.

2. Разработать рациональную схему осуществления процесса лобового точения.

3. Установить закономерности влияния на основные технологические параметры качества колец различных факторов (частоты вращения инструмента n_i , снимаемого припуска t , подачи S_m).

4. Для операции подрезки торцов спроектировать и изготовить промышленный образец оборудования.

5. На основе результатов исследований разработать технологию лобового точения наружных колец тонкостенных шарикоподшипников 1000805E5, разработать практические рекомендации по использованию предложенной технологии и дать технико-экономическую оценку эффективности ее внедрения в производство.

Во второй главе исследован механизм формирования погрешности профиля желоба шарикоподшипника и получена математическая модель неравномерности припуска вдоль профиля желоба.

Различные формы профиля припуска на шлифование желоба, полученные после раскатки и токарной обработки, приводят к неравномерному распределению первого вдоль образующей, особенно на крайних участках. В связи с этим для построения рабочего цикла и определения пути шлифо-

вания $L_{ш}$ необходимо знать наибольший местный припуск $\Pi_{M_{max}}$ на сторону.

На рис. 1 показана зона контакта шлифовального круга и заготовки, при которой припуск в одной части профиля желоба в несколько раз больше, чем в другой. В начальный момент контакта круг радиусом $r_k = r_{жс}$ проходит путь y_0 , равный припуску Π_d . Но в результате смещения z_3 оси заготовки O_3 относительно оси кольца $O_{жс}$ радиус заготовки равен $r_3 = r_{жс} - \Pi_d$.

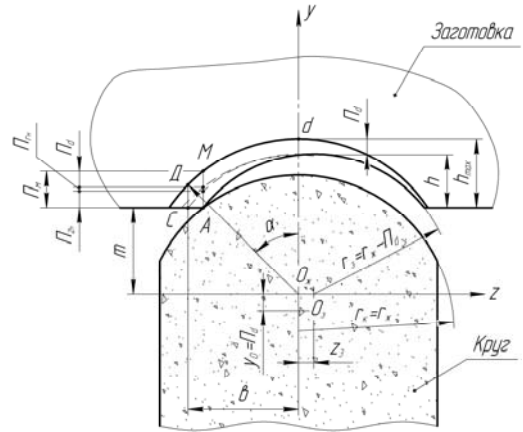


Рис. 1. Схема контакта шлифовального круга и заготовки в начале обработки

Максимальный припуск, который необходимо снять кругу в т. M :

$$\Pi_{M_{max}} = \Pi_{d_{max}} + \left(\sqrt{r_{жс_{max}}^2 + h^2 - 2hr_{3_{min}}} - (r_{жс_{max}} - h) \right) + z_3 \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где

$$\Pi_{r_m} = \sqrt{r_{жс_{max}}^2 + h^2 - 2hr_{3_{min}}} - (r_{жс_{max}} - h), \quad (2)$$

$$\Pi_{z_m} = z_3 \operatorname{tg} \alpha. \quad (3)$$

С повышением требований к точности обработки профиля желоба величина припуска и формы его профиля становятся основными факторами, которые определяют производительность обработки и количество операций.

Неравномерность износа шлифовального круга, вызванная неравномерностью распределения припуска на шлифование вдоль образующей желоба, приводит к погрешности профиля желоба в поперечном сечении кольца подшипника. Погрешность профиля желоба можно записать следующим выражением:

$$\Delta_{жс} = U(\Pi_{M_{max}}) - U(\Pi_d), \quad (4)$$

где $U(\Pi_{M_{max}})$ - износ круга при максимальном местном припуске;

$U(\Pi_d)$ - износ круга при минимальном местном припуске.

В общем виде погрешность профиля можно рассматривать как функцию от величины местного припуска профиля желоба:

$$\Delta_{жс} = f(\Pi_m). \quad (5)$$

Анализируя выражение (1), видно, что наибольшее влияние на величину припуска оказывает смещение z_3 оси желоба заготовки относительно оси кольца. Величина z_3 зависит от построения техпроцесса обработки колец и ряда случайных факторов, возникающих на токарных, термических и шлифовальных операциях.

Рассмотрим влияние на величину z_3 технологических факторов на примере подрезания торца лезвийным инструментом заготовки кольца подшипника качения (рис. 2).

В общем случае величина смещения будет зависеть от припуска на обработку и ее можно определить следующим выражением:

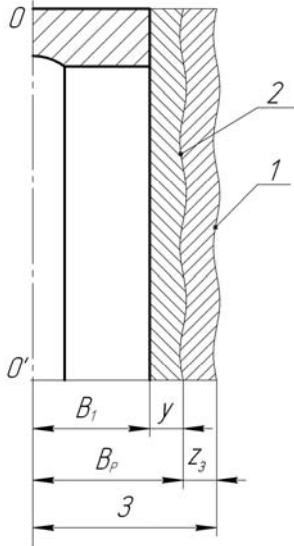


Рис. 2. Схема влияние на размеры заготовки технологических факторов

$$z_3 = \sum_{i=1}^n (3 - B_p)_i, \quad (6)$$

где B_1 - настроечный размер;

B_p - фактический (реальный) размер.

Величина упругих текущих деформаций:

$$y = B_p - B_1. \quad (7)$$

Упругая деформация y пропорциональна нормальной составляющей силы резания P_y :

$$y = \frac{P_y}{J_{TC}}, \quad (8)$$

где J_{TC} - жесткость технологической системы.

Нормальная составляющая силы резания:

$$P_y = J_p \cdot z_3, \quad (9)$$

где J_p - жесткость резания.

После преобразования получаем:

$$B_p = B_1 + \frac{J_p}{J_{TC}} z_3. \quad (10)$$

С другой стороны:

$$B_p = 3 - z_3, \quad (11)$$

где 3 - случайный размер заготовки.

Подставляя в выражение (11) величину B_1 из (10), получим:

$$z_3 = \frac{J_{TC}}{J_{TC} + J_p} (3 - B_1). \quad (12)$$

Величина смещения является случайной величиной, распределенной так же, как и случайная величина размера заготовки 3 , по нормальному закону:

$$f(z_3) = \frac{1}{\sigma_z \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z_3 - z_0)^2}{2\sigma_z^2}}, \quad (13)$$

где

$$z_{3_0} = \frac{J_{TC}}{J_{TC} + J_p} (3_0 - B_1), \quad (14)$$

$$\sigma_{z_3} = \frac{J_{TC}}{J_{TC} + J_p} \sigma_3. \quad (15)$$

При различных наладках настроечный размер B_1 будет иметь случайное значение, а его распределение будет подчиняться закону нормального распределения:

$$f(B_1) = \frac{1}{\sigma_{B_1} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(B_1 - B_{1_0})^2}{2\sigma_{B_1}^2}}, \quad (16)$$

где B_{1_0} – математическое ожидание настроечного размера;

σ_{B_1} – среднее квадратическое отклонение настроечного размера.

В общем виде с учетом действия систематических факторов (износ режущего инструмента, тепловые деформации технологической системы) и времени обработки τ распределение погрешности позиционирования будет иметь следующий вид:

$$f(P) = \frac{1}{\sigma_P (\tau_k - \tau_n) \sqrt{2\pi}} \int_{\tau_n}^{\tau_k} e^{-\frac{(B_1 - B_{1_0}(\tau))^2}{2\sigma_P^2}} d\tau, \quad (17)$$

где τ_n – начальный момент времени механической обработки;

τ_k – конечный момент времени механической обработки;

$B_{1_0}(\tau)$ – математическое ожидание настроечного размера в мгновенное время τ .

Если систематическая погрешность обработки связана с износом режущего инструмента, то с течением времени будет изменяться жесткость резания.

В общем виде зависимость жесткости резания от времени можно представить в виде полинома n -й степени:

$$J_P(\tau) = J_{P_n} + a(\tau - \tau_n) + b(\tau - \tau_n)^2 + \dots, \quad (18)$$

где a, b, \dots – коэффициенты полинома, определяющие характер зависимости.

При линейной зависимости:

$$J_P(\tau) = J_{P_n} + \frac{J_{P_k} - J_{P_n}}{\tau_k - \tau_n} (\tau - \tau_n), \quad (19)$$

где J_{P_n} и J_{P_k} – жесткость резания в начальный и конечный моменты времени обработки.

Жесткость резания J_P является величиной, зависящей от времени, а следовательно, величина смещения z_3 также будет зависеть от времени τ :

$$z_3(\tau) = \frac{J_{TC}}{J_{TC} + J_P(\tau)} (3 - B_1). \quad (20)$$

Плотность вероятности распределения величины смещения z_3 в произвольный момент времени τ :

$$f(z_{3\tau}) = \frac{J_{TC}}{J_{TC} + J_P(\tau)} \frac{1}{\sigma_{B_1} \sigma_{z_0} \sqrt{2\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{(3-z_0)^2}{2\sigma_{z_0}^2}} e^{-\frac{(3-z-B_{1_0}(\tau))^2}{2\sigma_{B_1}^2(\tau)}} dz. \quad (21)$$

После интегрирования получим нормальный закон распределения:

$$f(z_{z\tau}) = \frac{1}{\sigma_{z\tau} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-z_{0\tau})^2}{2\sigma_{z\tau}^2}}, \quad (22)$$

где

$$z_{z0\tau} = \frac{J_{TC}}{J_{TC} + J_P(\tau)} (3 - B_{1_0}(\tau)), \quad (23)$$

$$\sigma_{z\tau} = \frac{J_{TC}}{J_{TC} + J_P(\tau)} \sqrt{\sigma_{3_0}^2 + \sigma_{B_1}^2}. \quad (24)$$

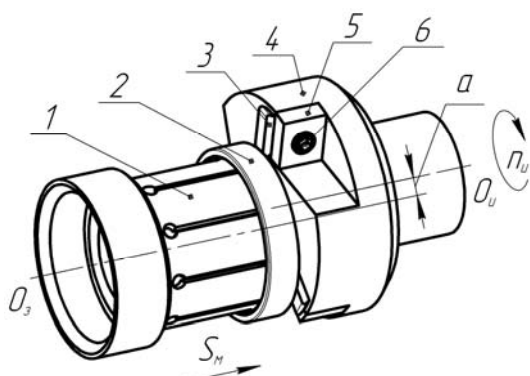


Рис. 3. Способ подрезки торцов колец шарикоподшипников на базе желоба способом лобового точения

С течением времени обработки τ на настроенном станке плотность вероятности распределения значений смещения изменяется. Характер этого изменения зависит от соотношения жесткости резания $J_P(\tau)$ и жесткости технологической системы J_{TC} , а также от изменения математического ожидания $B_{1_0}(\tau)$ настроенного размера.

На основании проведенных исследований был предложен способ точения торцов колец, базированных по желобу, позволяющий повысить точность геометрических параметров колец шарикоподшипников и уменьшить припуски на шлифование.

Сущность предлагаемого технического решения заключается в следующем (рис. 3). Заготовка 2 базируется по желобу на разжимной цанге 1. Разжимная цанга 1 совершает продольное перемещение S_M , регулируя подачу заготовки 2 к резцовой головке 4, вращающейся с числом оборотов

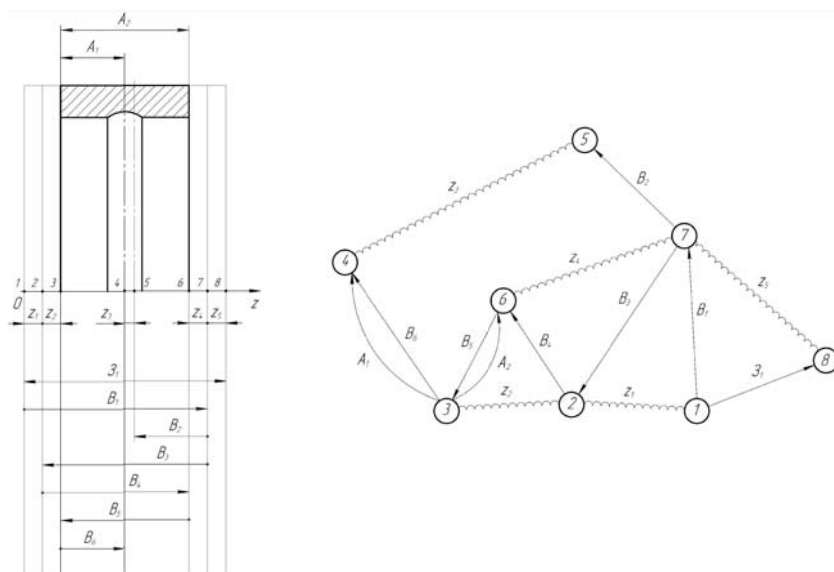


Рис. 4. Размерный анализ базового техпроцесса

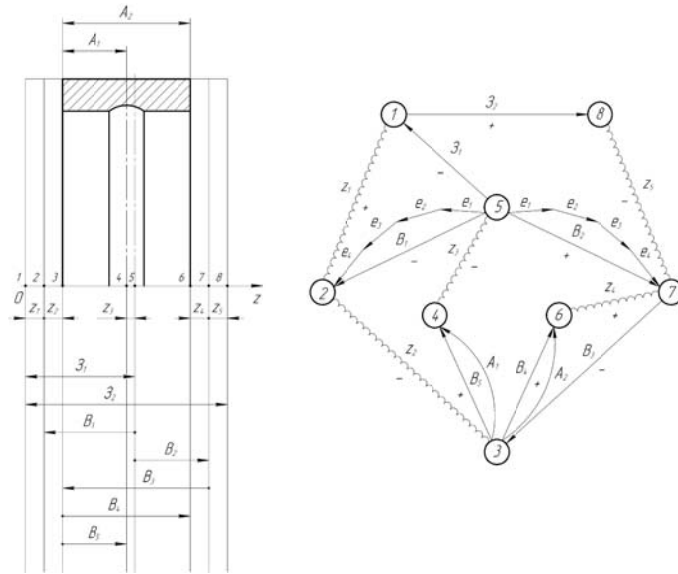


Рис. 5. Размерный анализ предложенного техпроцесса

n_u . Резцовая головка состоит из корпуса, на котором болтом (6) закреплены три твердосплавные пластины (5). Ось вращения инструмента O_u смещена относительно оси заготовки O_z на величину a , что позволяет каждой из твердосплавных пластин снимать определенную часть припуска t .

Проведен графо-аналитический анализ базового техпроцесса с базированием по наружной поверхности кольца на автомате модели КА - 106 (рис. 4) и предложенного техпроцесса с базированием по желобу на автомате модели АПТ - 805 (рис. 5), который показал, что предложенный технологический процесс обладает повышенной исправляющей способностью.

В третьей главе представлена методика проведения экспериментальных исследований. Описаны объекты и средства исследований, методика измерений и обработки экспериментальных данных, а также приведено обоснование полного факторного эксперимента 2^3 , который используется для оценки влияния технологических факторов на геометрические параметры и качество получаемой детали. В качестве варьируемых факторов принимались частота вращения инструмента (n_u), снимаемый припуск (t) и подача (S_m).

Исследования проводились на специальной установке, в проектировании которой принимал участие автор, и изготовленной в ООО «НПП НИМ».

Набор средств исследования подбирался на основе максимального соответствия поставленным целям и задачам.

Непостоянство ширины кольца V_{Cs} , взаимную непараллельность торцов кольца S_C , непараллельность дорожки качения относительно торца кольца S_e определяли микрокатером модели В-901М.

Шероховатость обработанной поверхности по параметру Ra измерялась на оборудовании британской фирмы «Rank Taylor Hobson» - Form Talysurf Series, и профилометре «SURTRONIK-3».

Для обработки экспериментальных данных использовалась программа «Plan.bas», позволяющая комплексно оценивать исследуемые параметры.

Достоверность результатов аналитических исследований оценивалась по среднему абсолютному отклонению расчетных значений от опытных данных. Оценка значимости связи между указанными параметрами производилась после соответствующих преобразований по критерию Фишера.

В четвертой главе приведены результаты экспериментов по исследованию влияния таких параметров процесса как: частота вращения инструмента (n_u), снимаемый припуск (t), подача (S_m) на непостоянство ширины кольца V_{Cs} , взаимную непараллельность торцов кольца S_C , непараллельность дорожки качения относительно торца кольца S_e и шероховатость обработанной поверхности Ra .

Получены следующие математические модели процесса:

$$V_{Cs} = 10,143 \cdot n_u^{-0,678} \cdot t^{0,324} \cdot S_m^{0,321} \quad (25)$$

$$S_C = 9,318 \cdot n_u^{-0,615} \cdot t^{0,317} \cdot S_m^{0,307} \quad (26)$$

$$S_e = 9,295 \cdot n_u^{-0,673} \cdot t^{0,323} \cdot S_m^{0,324} \quad (27)$$

$$Ra = 0,826 \cdot n_u^{-0,699} \cdot t^{0,218} \cdot S_m^{0,311} \quad (28)$$

На рис. 6 - 9 представлены зависимости влияния режимов обработки на параметры обработанной поверхности, построенные при минимальных (---) и максимальных (—) значениях режимных факторов.

Из анализа графиков рис. 6 - 7 видно, что с увеличением снимаемого припуска t непараллельность дорожки качения относительно торца кольца S_e и непостоянство ширины кольца V_{Cs} увеличиваются. Такая зависимость объясняется тем, что с увеличением снимаемого припуска t увеличиваются сила резания и жесткость резания, в результате этого повышаются отклонения обрабатываемой поверхности. При увеличении снимаемого при-

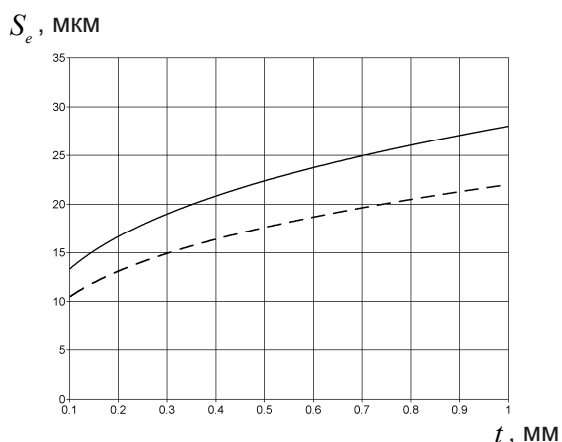


Рис. 6. Влияние снимаемого припуска t на величину непараллельности дорожки качения относительно торца кольца S_e

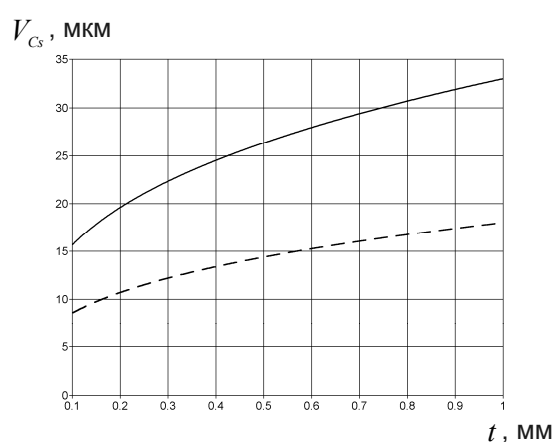


Рис. 7. Влияние снимаемого припуска t на непостоянство ширины кольца V_{Cs}

пуска t возрастает длина пути соприкосновения с заготовкой, что увеличивает толщину среза и время нахождения режущей пластины под стружкой. Это приводит к повышению тепловыделения и тепловой напряженности на единицу длины активной части режущей кромки, а следовательно, и к уменьшению скорости резания.

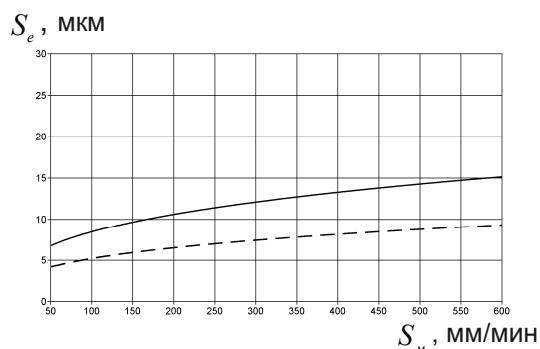


Рис. 8. Влияние подачи S_m на величину непараллельности дорожки качения относительно торца кольца S_e

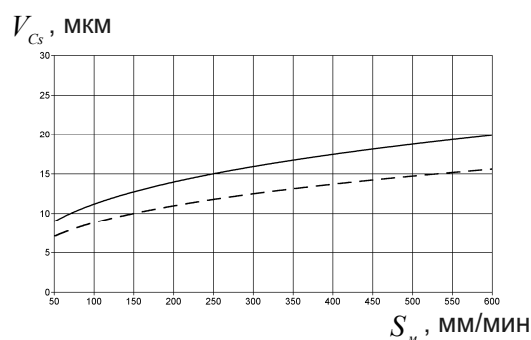


Рис. 9. Влияние подачи S_m на непостоянство ширины кольца V_{Cs}

Из рис. 8 - 9 следует, что с увеличением подачи непараллельность дорожки качения относительно торца кольца S_e и непостоянство ширины кольца V_{Cs} увеличиваются. Этот факт можно объяснить следующим: при увеличении подачи S_m пропорционально возрастает и толщина среза, что приводит к увеличению силы резания, затрачиваемой работы на стружкообразование, а следовательно, и к повышению тепловыделения. В результате этого повышается термодинамическая нагрузка на единицу активной части режущей кромки, что и вызывает снижение стойкости инструмента и скорости резания, уменьшение которой приводит к снижению точности обработки.

Наиболее универсальным методом оптимизации условий обработки деталей является симплексный метод решения задач линейного программирования (рис. 10). Решая полученные системы уравнений с учетом технологических ограничений, установлены оптимальные технологические режимы подрезки торцов колец $n_{u\text{opt}} = 3500$ об/мин, $S_m = 550$ мм/мин.

Для оценки рассеивания показателей точности обработки были обработаны две партии колец. При указанных выше режимах по новому

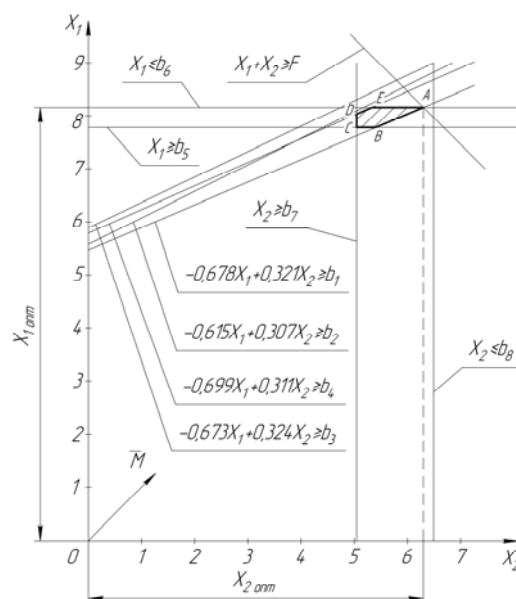


Рис. 10. Графическая интерпретация математической модели процесса подрезки торцов колец

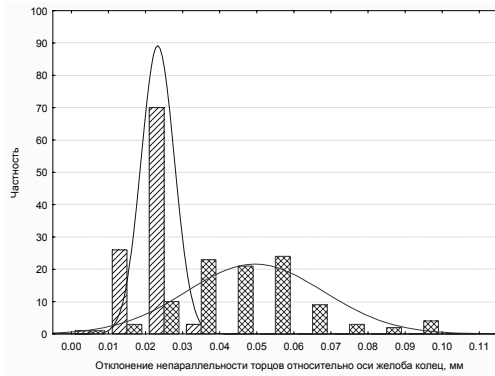


Рис. 11. Гистограмма распределения величин непараллельности дорожки качения относительно торца кольца S_e

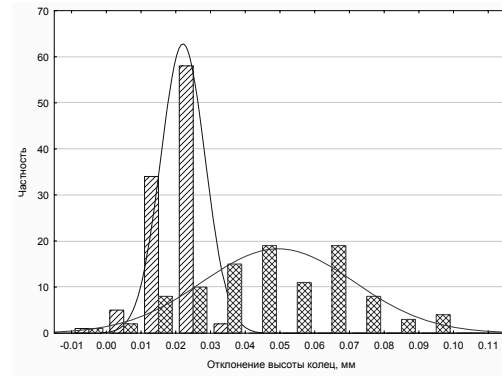


Рис. 12. Гистограмма распределения величин непостоянства ширины кольца V_{Cs}

техпроцессу на автомате модели АПТ – 805, работающем способом лобового точения, и по базовому заводскому технологическому процессу на полуавтомате КА – 106, обрабатывающем способом радиального точения, были обработаны две партии колец в размере 1000 штук каждая. Из этих партий была отобрана выборка в объеме 100 колец.

Для построения кривых распределения пользовались программой «Statistica 6.0».

На рис. 11 - 12 показаны гистограммы распределения величин непараллельности дорожки качения относительно торца кольца S_e и непостоянство ширины кольца V_{Cs} , по предложенному техпроцессу на автомате модели АПТ – 805 (▨) и после обработки по базовому заводскому техпроцессу на полуавтомате модели КА – 106 (▩).

Из рис. 11 - 12 видно, что рассеивание значений отклонений после лобового точения не выходит за пределы установленного значения допуска формы. Поле рассеивания в 2,5 раза меньше, чем обычно получаемое после токарной обработки.

Пятая глава содержит практические рекомендации по промышленному использованию полученных результатов и оценку экономической эффективности их внедрения в производство.

Описана конструкция автомата, спроектированного автором совместно с ведущими конструкторами отдела ООО «НПП НИМ», в которой заложен предложенный способ лобового точения. Были изготовлены автоматы АПТ – 805 для обработки наружных и внутренних колец подшипника 1000805E5. Новые автоматы выгодно отличаются от существующих станков простотой конструкции и удобством обслуживания.

Технико-экономическая эффективность от использования предложенной технологии в производстве заключается в следующем: повышение производительности труда и точности обрабатываемых деталей; уменьшении расходов на инструмент; экономии на производственных площадях.

Предложенный технологический процесс лобового точения внедрен в производство на ООО «НПП НИМ» и обеспечивает получение экономического эффекта в составе автоматизированной линии по производству колец подшипников 100805E5 в сумме 2170 тысяч рублей, что подтверждается актом о внедрении.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Предложена и исследована технология подрезки торцов наружных колец шарикоподшипников способом лобового точения. Установлено, что способ лобового точения деталей типа колец подшипников обладает повышенной производительностью и точностью.

2. Построена математическая модель формирования профиля желоба шарикоподшипника, которая учитывает нестабильность размеров и механических свойств материалов исходных заготовок, погрешность настройки технологической системы, позиционирования режущего инструмента. Теоретически показано, что влияние таких факторов, как погрешность позиционирования, погрешность размеров заготовок, погрешность настройки технологической системы на заданный размер, на погрешность профиля желоба, во многом зависит от соотношения жесткости резания и жесткости технологической системы.

3. Исследованы закономерности, отражающие влияние основных технологических факторов на результаты обработки: непостоянство ширины кольца V_{Cs} , взаимная непараллельность торцов кольца S_c , непараллельность дорожки качения относительно торца кольца S_e и шероховатость обработанной поверхности Ra . Получены регрессионные зависимости показателей процесса от основных влияющих технологических факторов.

4. Проведенные исследования позволили определить оптимальные режимы подрезки торцов колец способом лобового точения (частота вращения инструмента $n_{i\text{ опт}} = 3500$ об/мин, подача $S_{m\text{ опт}} = 550$ мм/мин), которые обеспечивают повышенные результаты обработки: $V_{Cs} = 28$ мкм, $S_c = 25$ мкм, $S_e = 30$ мкм, $Ra = 1,6$ мкм.

5. Предложена перспективная технология изготовления колец подшипников серии, которая показала значительные преимущества перед существующей технологией. Результаты работы внедрены на ООО «НПП НИМ»

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

Публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Одинок И.П. Форма профиля припуска желоба наружных колец шарикоподшипников / М.К. Решетников, Д.А. Бредихин, И.П. Одинок // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2009. – №3(40). – Вып.1. – С.55-59.

В прочих изданиях

2. Одинок И.П. Подрезка торцов колец подшипников способом лобового точения / М.К. Решетников, И.П. Одинок, А.Ю. Дунин //

Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2007. - С.50-53.

3. Одинок И.П. Способ лобового точения торцов колец подшипников / М.К. Решетников, И.П. Одинок // Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2008. - С.127-129.

4. Одинок И.П. К вопросу о методах токарной обработки торцов колец подшипников / М.К. Решетников, И.П. Одинок // Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2008. - С.129-135.

5. Одинок И.П. Моделирование процессов формообразования для исследования погрешностей радиального роликоподшипника / М.К. Решетников, И.П. Одинок, А.Ю. Дунин // Современные проблемы информатизации геометрической и графической подготовки инженеров: сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф. Саратов: СГТУ, 2007. - С.117-121.

6. Одинок И.П. Повышение эффективности процесса шлифования за счет совершенствования технологии правки / М.К. Решетников, С.И. Капильник, И.П. Одинок, А.Ю. Дунин // Современные проблемы информатизации геометрической и графической подготовки инженеров: сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф. Саратов: СГТУ, 2007. - С.141-144.

7. Одинок И.П. Анализ механизма абразивной доводки / М.К. Решетников, О.Ю. Давиденко, С.И. Капильник, И.П. Одинок // Теплофизические и технологические аспекты управления качеством в машиностроении: материалы науч.-техн. конф., посвящ. 90 летию со дня рождения А.Н. Резникова. Тольятти: ТГУ, 2005. – С. 237-240.

8. Одинок И.П. Анализ результатов процесса подрезки торцов колец шарикоподшипников способом лобового точения / М.К. Решетников, И.П. Одинок // Инновации и актуальные проблемы техники и технологий 2009: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых Саратов: СГТУ, 2009. - С.124-126.

Подписано в печать 17.11.09

Формат 60×84 1/16

Бум. тип.

Усл. печ.л. 0,93 (1,0)

Уч.-изд.л. 1,0

Тираж 100 экз.

Заказ 506

Бесплатно

Саратовский государственный технический университет

410054, Саратов, Политехническая ул., 77

Отпечатано в Издательстве СГТУ. 410054, Саратов, Политехническая ул., 77