

05.02.92

Ш 954

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ
ОБРАЗОВАНИЮ
ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ШУКЮРОВ АРИФ АЛИАББАС оглы

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ
ФОРМЫ ДЛИНОМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ
ПРИ БЕСЦЕНТРОВОМ ШЛИФОВАНИИ

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 — 1991

Работа выполнена на кафедре «САПР в машиностроении» Азербайджанского технического университета

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской премии
Б. М. БАЗРОВ

Официальные оппоненты — доктор технических наук, профессор **В. Г. МИТРОФАНОВ**;

кандидат технических наук, доцент **С. А. ФАДЮШИН**.

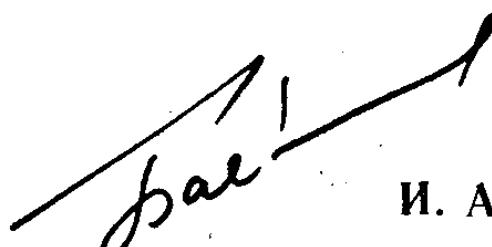
Ведущее предприятие — ВНИИПТНефтемаш (г. Баку).

Защита состоится «21» ноября 1991 г.
в _____ часов, в ауд. _____ на заседании специализированного совета Д 053. 13. 05 Челябинского государственного технического университета по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «19» октября 1991 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
доктор экономических наук



И. А. БАЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из основных направлений ускорения научно-технического прогресса в машиностроении является совершенствование технологических процессов обработки деталей машин. В свою очередь прогрессивность технологических процессов изготовления изделий зависит от эффективности составляющих их различных технологических методов обработки. Обеспечение методами обработки заданных качественных показателей с наименьшими затратами является обязательной и всегда остается актуальной задачей при изготовлении ответственных изделий. С этих позиций исследование сравнительно менее изученного процесса круглого бесцентрового шлифования длинномерных деталей с целью обеспечения сравнительно высокой точности геометрической формы является одной из актуальных задач развития технологии машиностроения.

Круглое бесцентровое шлифование как метод обработки цилиндрических деталей, в том числе длинномерных, относится к числу высокопроизводительных и прогрессивных методов обработки. Традиционно при круглом бесцентровом шлифовании применяется схема базирования выше центра шлифовального и ведущего кругов и все исследования и рекомендации относятся к этой схеме базирования.

Однако, как показала практика, при бесцентровом шлифовании длинномерных деталей необходимо применять базирование с расположением оси деталей ниже центра шлифовального и ведущего кругов. При этом происходит прижим заготовки к базовым поверхностям. Уменьшается колебание свободных от зоны резания частей заготовки, тем самым предотвращается дополнительные колебания оси заготовки в зоне резания.

Установлено, что в существующих на сегодня нормативных и руководящих материалах отсутствуют рекомендации по выбору геометрических параметров наладки станка и режимов обработки для бесцентрового шлифования ниже центра шлифовального и ведущего кругов. В связи с этим на заводах изготавливающих длинномерных деталей геометрические параметры наладки и режимы резания подбираются экспериментально.

Не смотря на идентичность схем бесцентрового шлифования выше или ниже центра шлифовального и ведущего кругов, кинематические и силовые зависимости существенно отличаются друг от друга следующими признаками:

- оси заготовки относительно центра шлифовального и ведущего кругов расположены в противоположных сторонах;
- в процессе обработки перемещение центра попер. иного сечения заготовки относительно кругов происходит в разных направлениях;
- силы, приложенные на элементы технологической системы станка направлены в разные стороны.

Существующие математические модели для определения погрешности геометрической формы поперечного сечения, с одной стороны, не соответствуют условиям обработки ниже центра кругов, с другой стороны в моделях неполно учитывается реальные особенности наладки.

Недостаточно исследован вопрос об искривлении оси длинномерной детали, обработанной бесцентровым шлифованием, в связи с влиянием технологических остаточных напряжений.

В связи с вышеизложенным, исследование процесса круглого бесцентрового шлифования длинномерных деталей с целью определения комплекса условий обработки, обеспечивающих повышение точности геометрической формы детали, является актуальной задачей, решение которой позволит повысить эффективность этого процесса.

Цель работы. Разработка точностных моделей процесса бесцентрового шлифования длинномерных деталей и создание на их базе методики проектирования геометрических параметров наладки и режимов шлифования, обеспечивающей заданную точность геометрической формы детали.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения, теории резания металлов, механики сплошных сред и аналитической геометрии.

Экспериментальные исследования проводились в производственных условиях. Объем партии деталей определялся с использованием теории планирования эксперимента. Оценка адекватности проведена методами математической статистики с использованием теории гипотез, в частности, критерия Фишера.

Научная новизна. 1. Разработаны аналитические зависимости, устанавливающие функциональную связь погрешности геометрической формы поперечного сечения исходной заготовки с геометрическими параметрами наладки, режимами обработки.

2. Разработаны математические модели, устанавливающие взаимосвязь искривления оси длинномерных деталей с технологическими остаточными напряжениями с учетом влияния технологических факторов и размеров заготовки.

3. Разработана методика расчетного определения геометрических параметров наладки и режимов шлифования.

Практическая ценность. По результатам исследований разработан нормативный материал для использования в производстве. Разработан новый технологический процесс изготовления плунжеров скважинных насосов.

Реализация работы в промышленности. Полученные математические модели использованы при разработке отраслевого стандарта (ТУ 14-3-1444-86 Минчермет) и нового способа бесцентрового шлифования, который защищен авторским свидетельством на изобретение а.с. № 1516317.

Результаты третьей главы диссертации приняты для использования на ряде станкостроительных заводов при проектировании бесцентрово-шлифовальных станков. На Бакинском машиностроительном заводе им.Ф.Э.Дзержинского внедрен новый процесс бесцентрового шлифования плунжеров скважинных насосов из заготовок прецизионных труб. Внедрение нового технологического процесса позволило сократить расход трубного проката, что дало экономический эффект в размере 106803 рублей в год.

Апробация работы. Работа заслужилась на совместном заседании кафедр "Металлорежущие станки и инструмент", "Технология машин строения", "Технология автоматизированного производства", "Технология транспортного машиностроения", "САПР в машиностроении" и "Метрология и стандартизация" Азербайджанского инженерно-технического университета им.Ч.Ильдрыма и на кафедре "Технология газонефтяного и нефтехимического машиностроения и приборостроения" МИНГ им.И.М.Губкина.

Основные материалы диссертации" докладывались на Всесоюзных и республиканских научно-технических семинарах и конференциях:

1. Интенсификация технологических процессов механической обработки. Ленинград, Ленинградский ордена Ленина и ордена Красного Знамени механический институт имени маршала Советского Союза Д.Ф.Устинова, 1986 г.

2. Пути повышения технического уровня и качества оборудования нефтяной и газовой промышленности. Баку, 1988 г.

3. Прогрессивные технологические процессы и оборудование для отделки труб и трубных изделий. Челябинск, 1988 г.

4. Научные конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов АЗМИ им.Ч.Ильдрыма, 1983-1987 гг.

По теме диссертации опубликованы 10 печатных работ. Разработанный способ бесцентрового шлифования защищен авторским свидетельством СССР на изобретения.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести разделов, общих выводов (что составляет 132 страниц машинописного текста, 53 рис., 12 таблиц), а также списка использованной литературы из 177 наименований и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава. Научные основы точности обработки на металло режущих станках сформулированы и систематизированы в работах ученых Б.С. Елекшина, В.С. Корсакова, А.А. Маталина и в работах современных ученых Б.М. Базрова, А.М. Дальского, С.Н. Корчака, В.Г. Митрофанова, Ю.М. Соломенцева, М.И. Тверского, Л.В. Худобина и др. Их конкретизация и развитие для круглого бесцентрового шлифования проведены в работах С.Д. Вайс, В.М. Зайцева, Н.М. Капустина, А.Ф. Прохорова, В.Л. Романова, А.М. Мирзоева, В.Г. Филькина, В.А. Шереметьева и др.

Вопросы влияния технологических остаточных напряжений на коробление прошлифованных деталей рассмотрены в работах ученых А.М. Дальского, Д.Г. Евсеева, Б.А. Кравченко, Д.Д. Папшева, А.В. Подзая, А.И. Промптова и др.

Анализ существующих математических моделей для расчета точности геометрической формы поперечного сечения при бесцентровой шлифовании показал, что они предназначены для бесцентрового шлифования деталей выше линии центра шлифовального и ведущего кругов.

Однако в разработанных моделях не всегда полно учитываются реальные особенности наладки бесцентрового шлифования, например: в формуле, предложенной В.П. Филькиным, расчет координат положения оси заготовки ведется по координатам положения мгновенного центра вращения заготовки, который не является материальной точкой; в работах Л.П. Волкова, В.И. Муциенко и др. колебания оси рассматриваются только в направлении шлифовального круга, не учитывается также прерывистость контакта некруглой заготовки с ведущим кругом и опорным ножом и др.

В существующих работах вопросы влияния технологических остаточных напряжений на искривание оси деталей рассмотрены на качественном уровне. Не исследованым остается вопрос распределения остаточных напряжений по длине детали и верхнего слоя.

Анализ современного состояния вопросов обеспечения заданной точности геометрической формы поперечного сечения и прямолинейности оси (коробление) при бесцентровом шлифовании длинномерных заготовок позволил сформулировать основные задачи исследования:

1. Разработать математические зависимости положения центра заготовки от геометрических параметров наладки станка.
2. Разработать математическую модель точности геометрической формы поперечного сечения длинномерной детали с учетом кинематических и силовых факторов процесса бесцентрового шлифования.
3. Исследовать распределение технологических остаточных напряжений прошлифованной поверхности длинномерной детали.
4. Разработать математическую модель взаимосвязи технологических остаточных напряжений и искривления оси длинномерной детали.
5. Выполнить эксперименты для сравнения результатов эксперимента и расчетных данных, полученных с использованием математических моделей.
6. Разработать инженерную методику расчетного проектирования геометрических параметров наладки и режимов обработки с расположением оси заготовки ниже центра кругов.
7. Разработать нормативные рекомендации по наладке бесцентрово-шлифовального станка и расчету режимов обработки для наиболее часто встречающихся типоразмеров деталей.

Во второй главе приведена методика выполнения теоретических и экспериментальных исследований в соответствии с основными задачами. Описаны намеченные планы проведения предусмотренных исследований и методы их осуществления.

На основе планирования многофакторного эксперимента выведены эмпирические модели процесса, которые позволили определить степень и характер влияния режимов резания, геометрических параметров наладки и исходной точности геометрической формы заготовки.

Разработана методика определения влияния технологических остаточных напряжений на искривление оси длинномерной детали, обработанной бесцентровым шлифованием.

Закономерности процесса бесцентрового шлифования длинномерных деталей, установленные экспериментами, изучались с применением ЭВМ.

В третьей главе выполнены теоретические исследования по формообразованию поперечного сечения длинномерной детали при бесцентровом шлифовании ниже центра шлифовального и ведущего кругов.

Вписывая профиль поперечного сечения "идеально" круглой детали в призму, образованную ведущим кругом и опорным ножом, и рассматривая изменения радиуса заготовки в точке соприкосновения с ведущим кругом, ножом и шлифовальным кругом можно определить колебания положения центра деталей ΔX_0 в зависимости от геометрических параметров наладки.

Согласно расчетной схеме (рис. I) найдено уравнение для определения положения оси заготовки.

Изменения координаты ΔX_0 центра заготовки определяются следующим образом:

$$\Delta X_0 = C_2 \Delta R_2 + C_3 \Delta R_3,$$

где

$$C_2 = \frac{\partial X_0}{\partial R_2} = \frac{\left(R_2 - \frac{D_2}{2}\right) \cos(\varphi - \alpha)}{\sqrt{\left(R_2 + \frac{D_2}{2}\right)^2 - (N - R_3)^2}}$$

$$C_3 = \frac{\partial X_0}{\partial R_3} = \frac{1}{\sin(\varphi - \alpha)} \left[C_2^2 (\varphi - \alpha) - \frac{(N - R_3) \sin 2(\varphi - \alpha)}{2\sqrt{\left(R_2 + \frac{D_2}{2}\right)^2 - (N - R_3)^2}} - 1 \right],$$

где D_2 – диаметр ведущего круга; N – расстояние центра заготовки от центров ведущего и шлифовального кругов; α , φ – соответственно углы между линией O_1O_2 и линиями OO_1 и OO_2 ; φ – угол скоса опорного ножа; R_1 , R_2 , R_3 – соответственно опорные радиусы в контакте с кругами и опорным ножом.

Схема для расчета смещения центра заготовки
в процессе бесцентрового шлифования

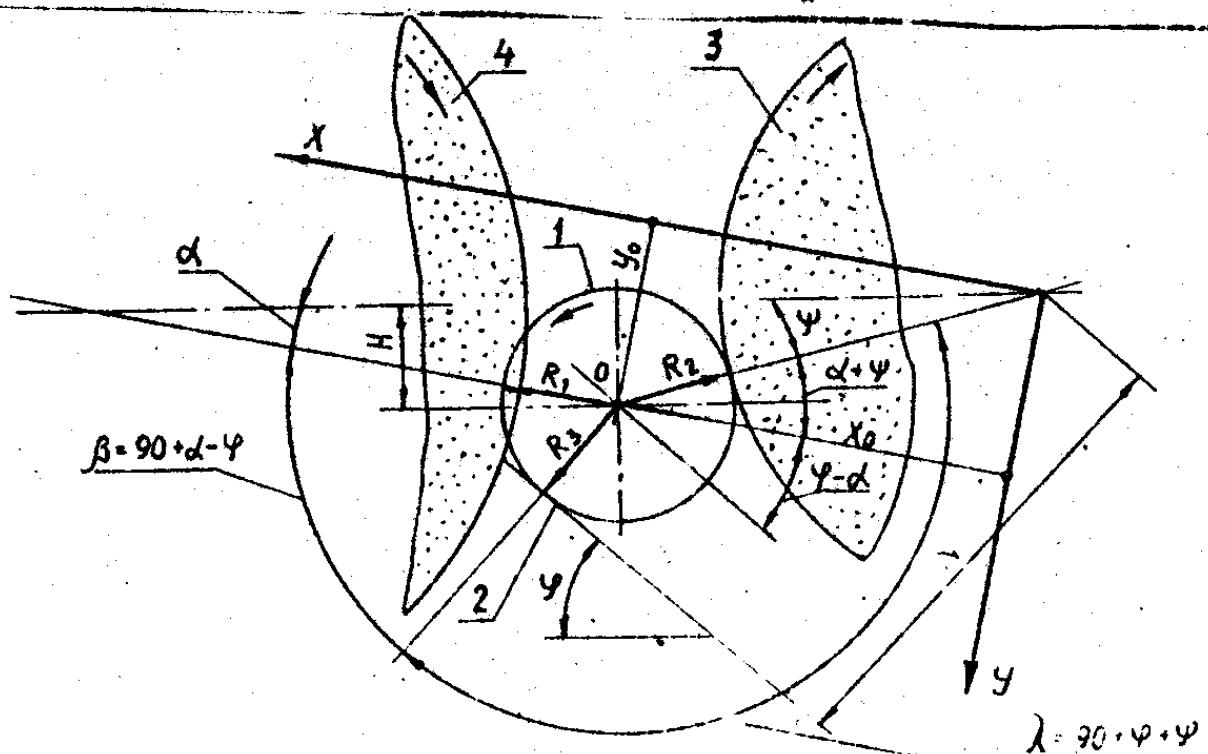


Рис. I

Важным показателем процесса является скорость исправления исходной погрешности формы заготовки. Рассмотрим скорость исправления погрешности для простейшей формы заготовки в виде эллипса.

Согласно расчетной схеме (рис.2) по аналогии с задачей I разработана следующая математическая модель:

Схема для расчета кинематического колебания оси при бесцентровом шлифовании заготовки, имеющей в поперечном сечении погрешности формы в виде эллипса

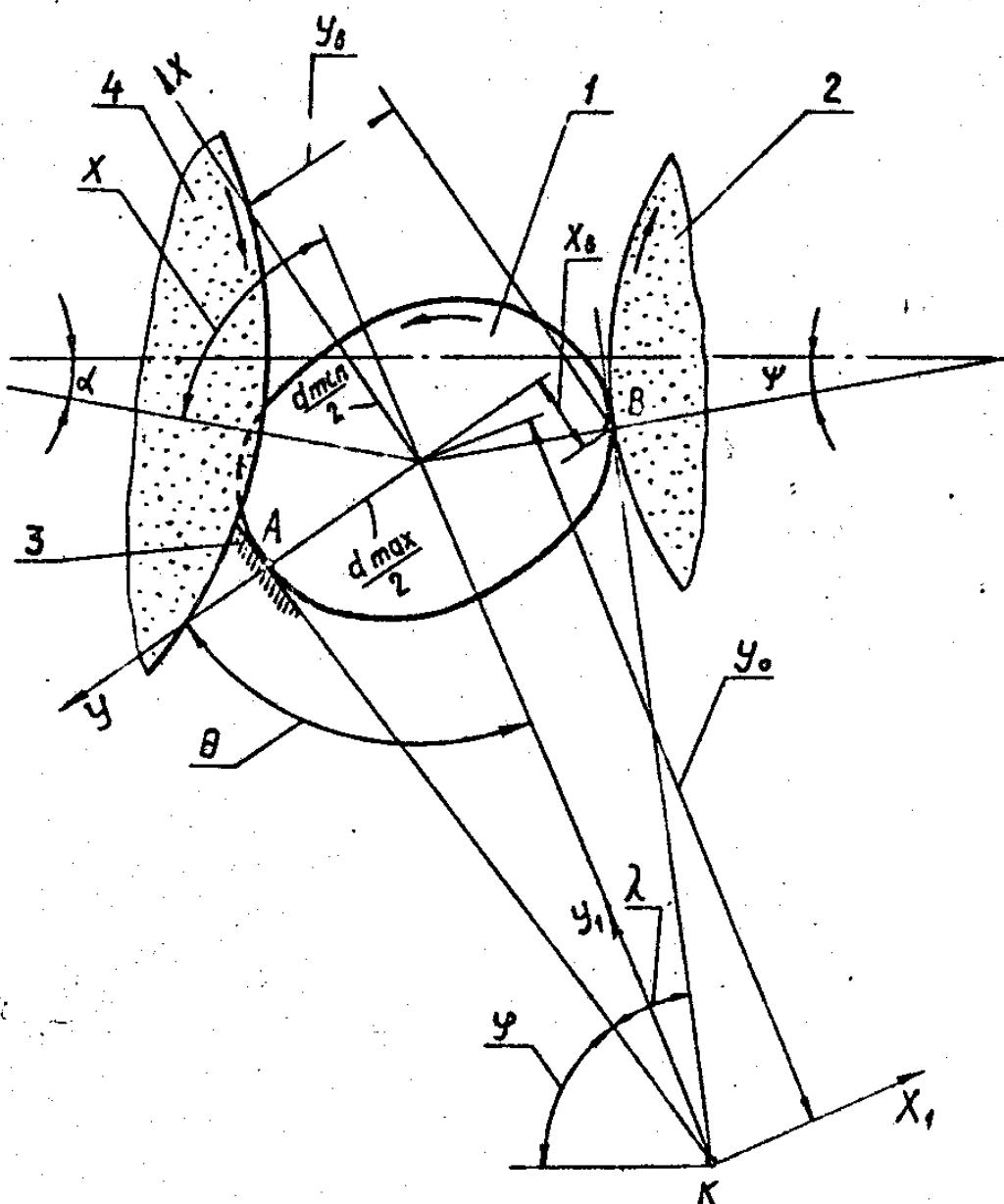


Рис.2

$$\Delta K(\Theta) = \frac{dy_0}{d\Theta} \Delta \Theta \sqrt{\frac{1 - \sin(\varphi - 2\alpha - \psi)}{2}},$$

где $\frac{dy_0}{d\Theta} = \frac{d \min \operatorname{ctg} \lambda / 2}{8} 4 \left[1 + (\delta^2 - 1) \sin^2 \left(\Theta + \frac{\lambda}{2} \right) \right] \times$

$$\times \left[\delta^2 \left(1 - \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \right) \cos \left(2\Theta + \frac{\lambda}{2} \right) + \left(1 - \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \right) \sin \left(2\Theta + \frac{\lambda}{2} \right) \right] - \quad (I)$$

$$- (\delta^2 - 1) \sin(2\Theta + \lambda) \left[\delta^2 \sin \frac{\lambda}{2} \left(1 + \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \right) + \right.$$

$$+ \cos \frac{\lambda}{2} \left(1 - \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \right) + \delta^2 \left(1 + \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \right) \times$$

$$\times \sin \left(2\Theta + \frac{\lambda}{2} \right) + \left(1 - \operatorname{tg} \frac{\lambda}{2} \right) \cos \left(2\Theta + \frac{\lambda}{2} \right) \left. \right]$$

$$\left[1 + (\delta^2 - 1) \sin^2 \left(\Theta - \frac{\lambda}{2} \right) \right]^{3/2}$$

На практике погрешность формы поперечного сечения исходной заготовки может иметь более сложную форму. Для данного случая разработана математическая модель.

Согласно расчетной схеме (рис.3) величина изменения координатов ΔX и ΔY центра звращения определяется уравнениями:

$$\Delta X = (\Delta \rho_2 - \Delta \rho_1) \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{1 + \sin(\varphi + \psi)}} \quad (2)$$

$$\Delta Y = (\Delta \rho_1 + \Delta \rho_2) \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{1 - \sin(\varphi + \psi)}} \quad (3)$$

где $\Delta \rho_1$ и $\Delta \rho_2$ определяются с помощью тригонометрического ряда Фурье следующими формулами:

$$\Delta \rho_1(\Theta) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos k\Theta + b_k \sin k\Theta, \quad (4)$$

$$\Delta \rho_2(\Theta) = \frac{a_0}{2} - \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos k [90 + \Theta + (\varphi + \psi)] +$$

$$+ b_k \sin k [90 + \Theta + (\varphi + \psi)], \quad (5)$$

где a_0 – среднее отклонение радиус-вектора профиля поперечного сечения заготовки; a_k и b_k – соответственно коэффициенты ряда Фурье; $\Delta \rho_1$ и $\Delta \rho_2$ – соответственно величина изменения радиуса вектора в контакте с ведущим кругом и опорным ножом.

Уравнения (2), (3), (4) и (5) позволили после ряда математических преобразований вывести формулу для расчета величины изменения заданной глубины резания при любом угле поворота исходной заготовки:

Схема для расчета кинематического колебания оси заготовки, имеющей в поперечном сечении погрешность формы, на которую наложены синусоидальные кривые разных периодов

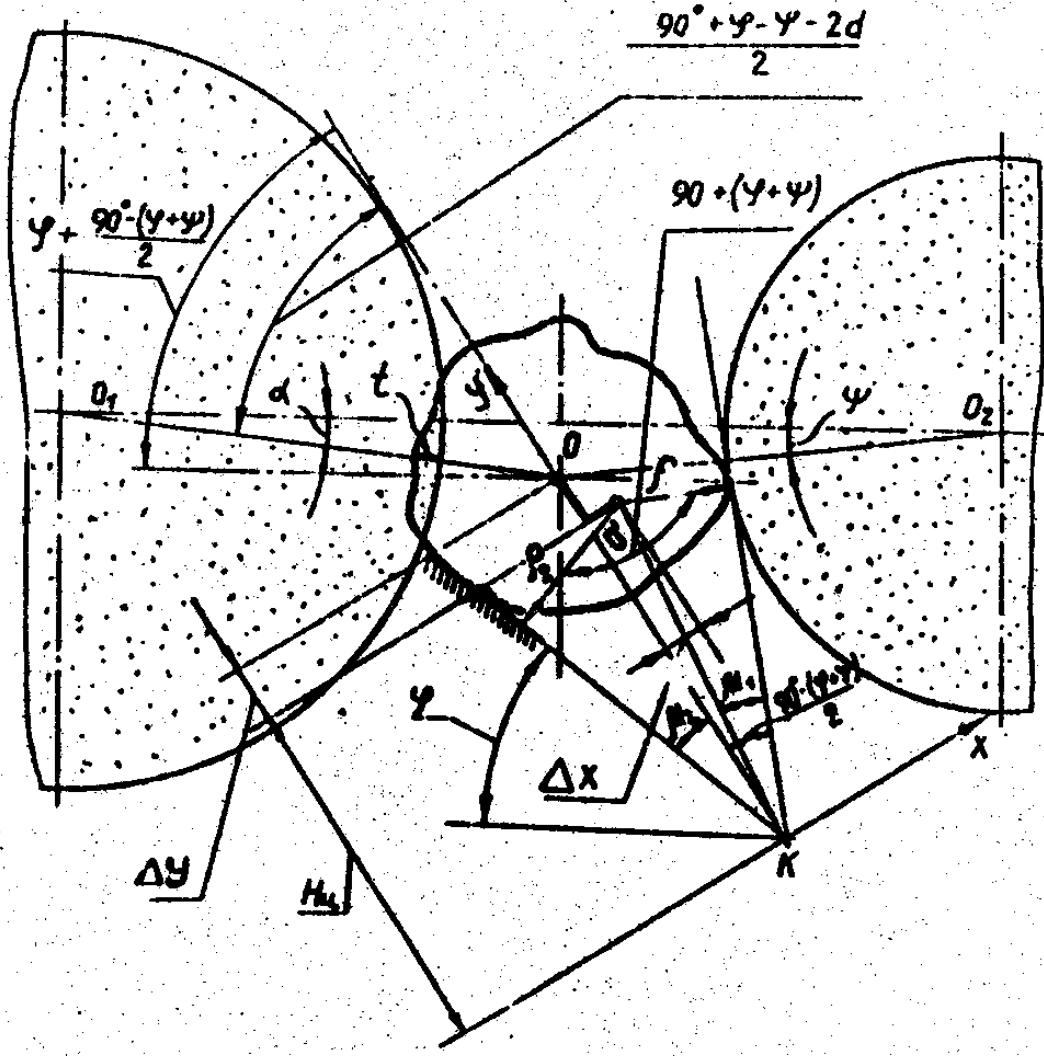


Рис.3

$$\Delta_k(\theta) = \frac{1}{2} \left\{ \sqrt{\frac{1 - \sin(\varphi - \psi - 2\alpha)}{1 + \sin(\varphi + \psi)}} [\Delta p_1(\theta) + \Delta p_2(\theta)] + \right. \\ \left. + \sqrt{\frac{1 + \sin(\varphi - \psi - 2\alpha)}{1 + \sin(\varphi + \psi)}} [\Delta p_2(\theta) - \Delta p_1(\theta)] \right\}. \quad (6)$$

Найденные математические зависимости (1) и (6) позволяют определить погрешность геометрической формы поперечного сечения от упругих перемещений элементов технологической системы станка. В общем виде погрешность обработки имеет вид

$$\Delta \rho(\theta) = U_w \cos \alpha + U_b \cos(\alpha + \varphi) \cos \varphi, \quad (7)$$

где U_w – величина упругого перемещения оси шлифовального круга; U_b – величина упругого перемещения оси ведущего круга.

В четвертой главе приведены результаты исследований по установлению влияния технологических остаточных напряжений на искривление оси длинномерных деталей, обработанных бесцентровым шлифованием.

Для изучения распределения технологических остаточных напряжений в сечении детали проведены эксперименты и установлены величины напряжений на поверхности деталей.

Для оценки величины искривления оси деталей в зависимости от остаточных напряжений использован математический аппарат теории упругости.

Прогиб длинномерной детали, подверженной сжатию эксцентричной осевой силой (рис.4), согласно теории упругости определяется формулой:

$$y = \frac{(e - \frac{1}{\alpha^2} \gamma)(1 - \cos \alpha)}{\cos \alpha L} \quad (8)$$

Определено распределение остаточных напряжений в тонком поверхностном слое δ по поперечному сечению детали, в зависимости от угловой координаты θ (рис.5):

для напряжений на вогнутой стороне детали

$$\sigma_{z_2} = \sigma_{z_2 \text{ max}} \left(1 - \frac{\theta}{90} \right), \quad (9)$$

для напряжений по выпуклой стороне детали

$$\sigma_{z_1} = \sigma_{z_1 \text{ max}} \left(1 - \frac{\theta}{90} \right). \quad (10)$$

Схема для расчета кривизны оси длинномерной детали, подверженной сжатию осевой силой.

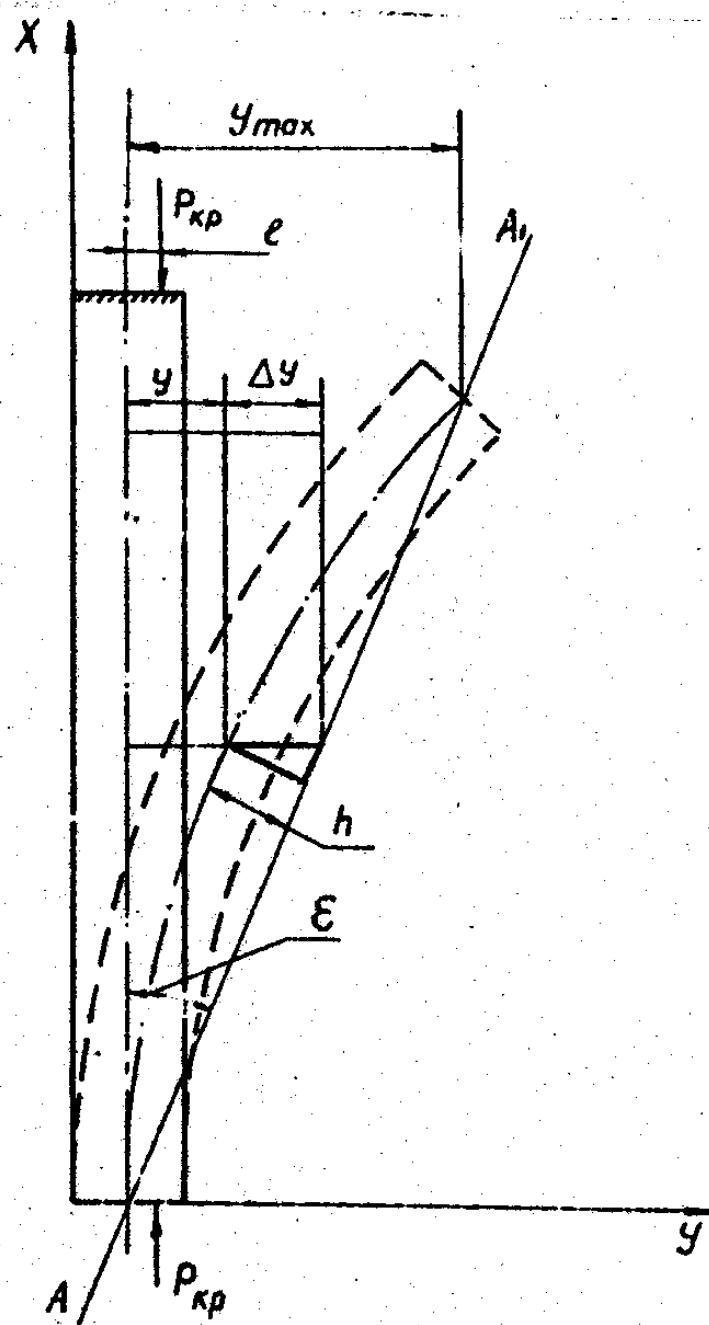


Рис. 4

Определение распределения остаточных напряжений вдоль диаметра в плоскости изгиба детали позволило после ряда математических преобразований вывести формулу для расчета величины прогиба

$$h = \frac{a_1}{\cos(a_2 \sqrt{\sigma_{z_{1,\max}}})} \left\{ \frac{1 - \cos(a_2 \sqrt{\sigma_{z_{1,\max}}})}{2} - \left[1 - \cos\left(\frac{a_2}{2} \sqrt{\sigma_{z_{1,\max}}}\right) \right] \right\} \quad (10)$$

$$\text{где } \alpha_1 = \frac{d_2(k-1)}{3(k+1)},$$

$$\alpha_2 = 4L \sqrt{\frac{89 d_2 \delta (k+1)}{45 (d_2^2 - d_1^2) E}}$$

Величина $K = \frac{\sigma_{z,2\max}}{\sigma_{z,1\max}}$ была принята постоянной $K = 1,194$, как получено в эксперименте.

Схема для расчета остаточных напряжений в тонком поверхностном слое по поперечному сечению длинномерной детали

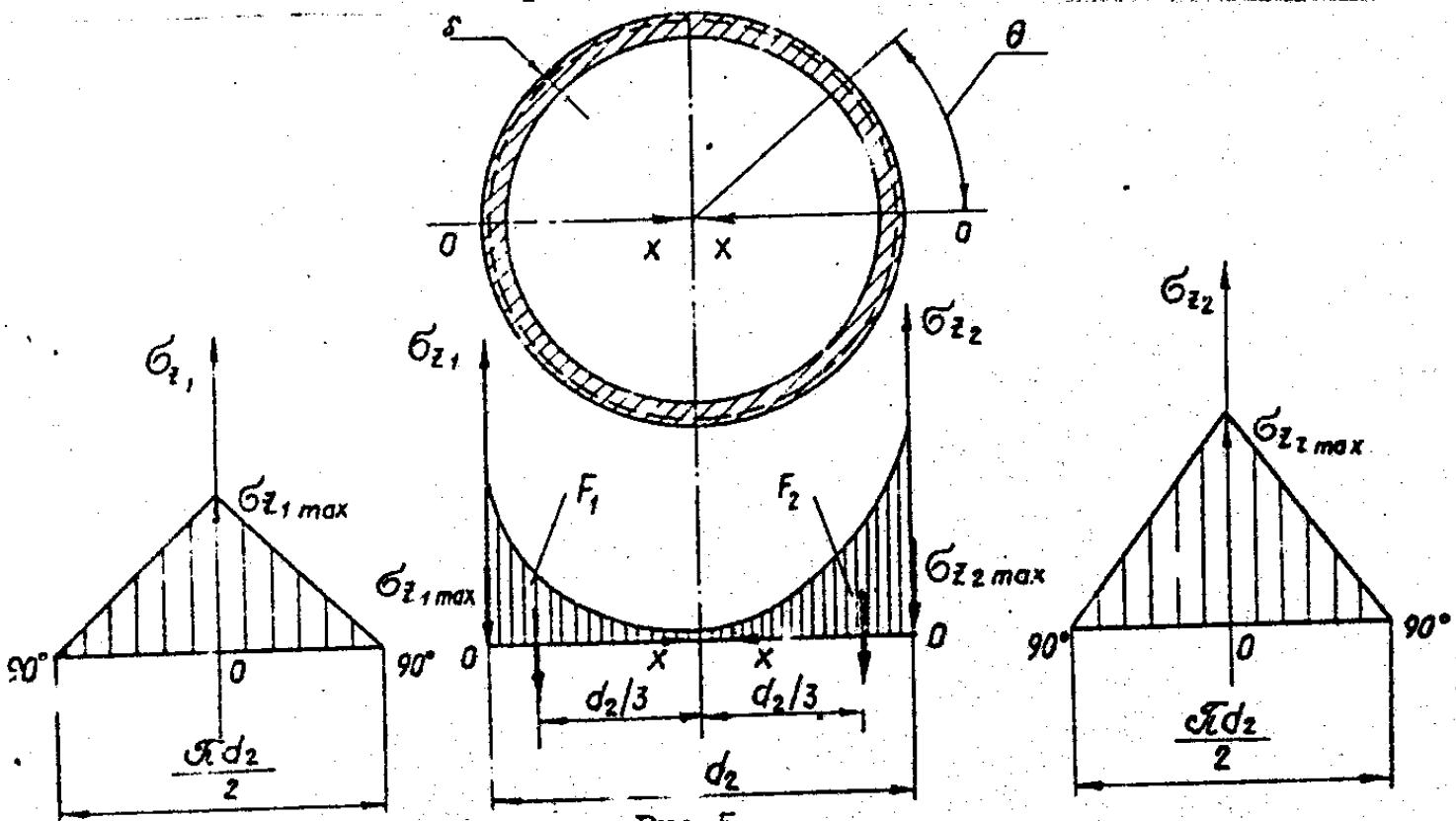


Рис.5

Определен допустимый уровень остаточных напряжений $\sigma_{z,1\max}$ свыше которого деталь может потерять устойчивость от продольного изгиба и получить недопустимую кривизну

$$(\sigma_{z,1\max} + \sigma_{z,2\max}) \leq 0,0779 \frac{E(d_2^H - d_1^H)}{L^2 \cdot d_2 \cdot \delta} \quad (12)$$

Сравнение расчетных величин h стрелы прогиба детали с опытными данными показало, что они достаточно точно согласуются. С увеличением глубины резания на проход стрела прогиба линейно возрастает.

Увеличение остаточного напряжения $\sigma_{z,2\max}$ на вогнутой стороне детали стрелы прогибы h детали также возрастает.

Для достижения допустимой величины искривления ($h_{np} = 0,1 \text{мм}$) рекомендуемая глубина резания на проход составляет $t < 0,08 \text{ мм}$.

В пятой главе рассматривается экспериментальное исследование точности геометрической формы поперечного сечения и искривления оси длинномерных деталей, обработанных бесцентровым шлифованием.

Проведенными многофакторными экспериментами получены математические модели процессов, которые позволили установить зависимости между точностью геометрической формы поперечного сечения $\delta_{\text{круг}}$, прямолинейностью оси длинномерной детали $h_{\text{пр}}$ и технологическими факторами: глубиной резания t , углом наклона оси ведущего круга β , скоростью вращения детали $V_{\text{изд}}$, углом скоса опорного ножа ψ , погрешностью геометрической формы поперечного сечения $\Delta_{\text{круг}}$, отклонением от прямолинейности оси $\Delta_{\text{пр}}$.

Ниже представлены полученные модели:

$$\begin{aligned} \delta_{\text{круг}} = & -0,1392 - 0,5175t - 2,875t^2 - 0,0186V_{\text{изд}} - \\ & - 0,000422V_{\text{изд}}^2 + 5,243\Delta_{\text{круг}} + 25,976\Delta_{\text{круг}}^2 - \\ & - 0,000751\psi + 0,0543\beta - 0,00718\beta^2 - 0,075V_{\text{изд}}\Delta_{\text{круг}}, \text{ мкм} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} h_{\text{пр}} = & 7,34 - 17,672t + 4t^2 - 0,2632V_{\text{изд}} - 0,002875V_{\text{изд}}^2 - 12,59\Delta_{\text{пр}} + \\ & + 62,4\Delta_{\text{пр}}^2 - 0,00643\psi - 0,000202\psi^2 - 0,2685\beta + 0,02941\beta^2 + 0,375t + \\ & + 32t\Delta_{\text{пр}} + 0,1215t\psi + 0,277V_{\text{изд}} + 0,00157V_{\text{изд}}\psi - \\ & - 0,1018\Delta_{\text{пр}}\psi - 1,029\Delta_{\text{пр}}\beta + 0,00466\psi\beta, \text{ мкм} \end{aligned} \quad (14)$$

Выявлено, что без применения предварительной правки длинномерных деталей, перед их бесцентровым шлифованием, невозможно обеспечить высокую точность параметра прямолинейности оси. Кривизна оси деталей типа плунжеров перед их обработкой не должна превышать 0,07 мм для детали диаметром от 44 мм и 0,05 мм – для детали диаметром выше 44 мм.

С целью изучения влияния разностенности исходной заготовки на искривление оси обработанной детали поставлены специальные эксперименты, по результатам которых построена кривая зависимости между разностенностью и величиной искривления длинномерных деталей, обработанных бесцентровым шлифованием.

Установлено, что для обеспечения требований по прямолинейности оси необходимо, чтобы величина разностенности не превышала 1,2 мм.

В шестой главе представлен порядок практического использования разработанных математических моделей. В зависимости от величины смещения центра поперечного сечения заготовки определяем расстояние центра заготовки от центров шлифовального и ведущего кругов и величину угла скоса φ спорного ножа.

Определяем необходимое усилие резания, обеспечивающее максимальную скорость исправления погрешности геометрической формы поперечного сечения заготовки.

Режимные параметры для расчета радиальной силы P_y резания определяем из экспериментальных данных и нормативных таблиц режимов резания.

Расчет других перемещений оси шлифовального и ведущего кругов, влияющих на скорость исправления, осуществляется по соответствующим формулам.

Для наиболее часто встречающихся диапазонов размеров деталей разработаны нормативные таблицы.

Изложены методики расчетного определения динамической составляющей погрешности геометрической формы поперечного сечения и определения кривизны оси, возникающей под влиянием технологических остаточных напряжений.

Изложен также разработанный новый способ бесцентрового шлифования.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований, направленные на обеспечение заданной точности обработки три кругом бесцентровом шлифовании длинномерных деталей с осевой подачей, позволяют сделать следующие выводы:

1. Разработана математическая модель, устанавливающая взаимосвязь наладки и режимов бесцентрового шлифования с заданной точностью геометрической формы поперечного сечения длинномерных деталей, включающая:

- аналитическую зависимость кинематического колебания оси заготовки в зоне резания, имеющей в поперечном сечении погрешность геометрической формы в виде замкнутой кривой;

- аналитическую зависимость смещения центра заготовки в зоне резания от параметров наладки.

2. Разработана математическая модель, устанавливающая взаимосвязь искривления оси длинномерных деталей с технологическими остаточными напряжениями, включающая:

- методику определения остаточных напряжений на длинномерных деталях, обработанных бесцентровым шлифованием;
- взаимосвязь остаточных напряжений с глубиной резания и искривлением оси длинномерной детали;
- аналитическую зависимость для расчета остаточных напряжений по всему сечению длинномерной детали.

3. Разработаны на основе многофакторного эксперимента эмпирические зависимости, устанавливающие взаимосвязь режимов обработки, геометрических параметров наладки с точностью геометрической формы поперечного сечения и прямолинейностью оси длинномерных деталей, обработанных бесцентровым шлифованием.

4. Разработан новый способ бесцентрового шлифования, который защищен авторским свидетельством (а.с. № 1516317).

5. Разработана инженерная методика расчетного проектирования геометрических параметров наладки и режимов обработки с расположением оси заготовки ниже центра кругов.

6. Разработаны нормативные рекомендации по наладке бесцентрово-шлифовальных станков и определению режимов обработки для наиболее часто встречающихся типоразмеров деталей.

7. Результаты исследований нашли применение в производстве скважинных насосов на Бакинском машиностроительном заводе при обработке плунжеров на бесцентровых шлифовальных станках. Годовой экономический эффект от внедрения составляет 106803 рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах автора:

1. Шукюров А.А. К расчету влияния параметров наладки на точность бесцентрового шлифования плунжеров.- Тематический сборник научных трудов. Точность и производительность в механосборочном производстве.- Баку, 1985.- 124 с.

2. Шукюров А.А. Совершенствование технологии изготовления плунжеров скважинных насосов.- Тематический сборник научных трудов. Точность и производительность в механосборочном производстве.- Баку, 1985.- 124 с.

3. Шукюров А.А. Расчетное определение погрешностей обработки при бесцентровом шлифовании. Тезисы докладов Всесоюзной конференции: "Интенсификация технологических процессов механической обработки". Ленинград, 1986.- 117 с.

4. Шукюров А.А. Определение отклонения от круглости, образованного при бесцентровом шлифовании.- Тематический сборник научных трудов. Точность механической обработки деталей нефтяного машиностроения.- Баку, 1986.- 99 с.
5. Шукюров А.А. Определение условий обработки, обеспечивающих наименьшую погрешность формы поперечного сечения при бесцентровом шлифовании заготовок плунжеров скважинных насосов.- Тезисы докладов Республиканской конференции: "Пути повышения технического уровня и качества оборудования нефтяной и газовой промышленности".- Баку, 1988.- 96 с.
6. Шукюров А.А., Искандеров Г.С. Влияние теплового фактора процесса бесцентрового шлифования на искривление оси плунжеров скважинных насосов.- Тезисы докладов Республиканской конференции: "Пути повышения технического уровня и качества оборудования нефтяной и газовой промышленности".- Баку, 1988.- 96 с.
7. Шукюров А.А., Ахмедов Х.А. Влияние технологических факторов на искривление оси длинномерных трубных изделий при бесцентровом шлифовании. Тезисы докладов научно-технической конференции 5-9 сентября: "Погрессивные технологические процессы и оборудование для отделки труб и трубных изделий".- Челябинск, 1988.- 44 с.
8. Шукюров А.А., Мирзоев А.М. Математическая зависимость изменения глубины резания от геометрических параметров наладки процесса бесцентрового шлифования. Известия высших учебных заведений.- Машиностроение, № 4, 1988.
9. Шукюров А.А. Математическая зависимость между погрешностью геометрической формы поперечного сечения исходной заготовки и детали, обработанной бесцентровым шлифованием.- Известия высших учебных заведений.- Машиностроение, № I, 1990.
10. Мамедов Д.М., Шукюров А.А. Способ бесцентрового шлифования.- А.с. № 1516317.

11.11.95
А.А.Шукюров