

САВЕЛЬЕВА Любовь Викторовна

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПРЕЦИЗИОННЫХ ОБОЛОЧКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Специальность: 05.02.08 – Технология машиностроения

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



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

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор Дальский А.М.

Официальные оппоненты:

д.т.н., профессор Золотаревский Ю.М.
к.т.н., доцент Баскаков В.Д.

Ведущее предприятие: Научно – исследовательский электромеханический институт (НИЭМИ, г. Москва)

Защита состоится «28» декабря 2005 г. на заседании диссертационного совета Д 212.141.06 при Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5.

Ваш отзыв на автореферат в 1 экземпляре, заверенный печатью организации, просим высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Баумана
Телефон для справок: 267-09-63.

Автореферат разослан «24» ноября 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д.т.н., доцент



Михайлов В.П.



В диссертационной работе рассматриваются вопросы, связанные с обеспечением качества прецизионных оболочковых деталей путем уменьшения погрешности формы от сил закрепления.

Актуальность работы.

Современный этап развития техники требует изготовления оболочковых конструкций. В настоящее время значительно увеличилось их количество в изделиях. Оболочковые конструкции, обеспечивая высокую прочность и плотность компоновки, находят широкое применение в самых разных отраслях промышленности и, что особенно важно, в ответственных областях: самолето- и ракетостроении, криогенной технике и холодильных установках, космических и военно – промышленных разработках.

Одновременно с увеличением количества оболочковых конструкций повышаются и технические требования к точности размеров оболочковых поверхностей, формы и их взаимного расположения. В прецизионном машиностроении эти требования достигают порядка микрометров и долей микрометра. Выполнение таких технических требований вызывает трудности, связанные с закреплением оболочковых заготовок в условиях низкой жесткости.

Для таких деталей важны все этапы изготовления, и законы технологической наследственности играют важную роль при разработке технологического процесса. Вопросами технологической наследственности занимались А.М. Дальский, А.Г. Колесников, А.М. Дмитриев, А.С. Васильев, Б.М. Базров, Ю.А. Шачнев, А.И. Кондаков, П.И. Ящерицын, Э.В. Рыжов, А.Г. Суслов и другие ученые.

Наследственные связи как повышают, так и понижают показатели качества, поэтому важно на каждом этапе изготовления прецизионных оболочковых деталей учитывать их влияние на характеристики детали. Явление технологической наследственности позволяет формировать оптимальные технологические среды и изменять свойства предмета производства в желаемом направлении, в том числе, на жизненный цикл. Одним из важнейших факторов, который влияет на качество деталей, является сила закрепления заготовки в технологическом приспособлении. Значимость этого фактора для качества детали отмечалась еще в работах основоположников технологии машиностроения В.М. Кована, А.Б. Яхина, В.С. Корсакова, А.П. Соколовского.

Основное противоречие между процессом закрепления прецизионных оболочковых заготовок и качеством детали состоит в том, что закрепление происходит в условиях низкой жесткости заготовки. Силы закрепления для любого технологического воздействия деформируют заготовку перед механической обработкой, сборкой или контролем и вызывают погрешности. Для

прецизионных оболочковых деталей эти погрешности в ряде случаев превышают допуск и могут вывести деталь из разряда прецизионных.

Решение проблемы закрепления таких заготовок сводится к исследованиям в области технологической оснастки. Для оболочковых заготовок применяют приспособления с распределенными силами. Большая часть приспособлений для закрепления оболочковых заготовок ориентированы на равномерное распределение сил закрепления или стремящиеся к нему (множественность точек приложения силы). Считается, что равномерно распределенные силы вызывают равномерную деформацию оболочковой поверхности. Однако практика изготовления прецизионных оболочковых деталей показывает, что при равномерной нагрузке типичной является погрешность, связанная с краевым эффектом.

Встречаются детали с техническим требованиями на изготовление заданного отклонения формы оболочковой поверхности. Эти отклонения сравнимы с величиной погрешности формы. Их выполнение возможно путем создания преднамеренных искажений. Суть преднамеренных искажений состоит в создании сил закрепления, распределенных по заданному закону. В настоящее время существуют работы в области технологии машиностроения, связанные с заданным неравномерным распределением сил закрепления. Но оснастка, обеспечивающая любой заданный закон распределения еще не получила распространения на производстве. Явления, связанные с преднамеренными искажениями, рассматривались в работах Ш.М. Билика, А.М. Дальского, М.П. Новикова и других ученых.

Цель работы.

Исследовать методы закрепления прецизионных оболочковых изделий и разработать способ существенного уменьшения возникающей погрешности формы.

Задачи исследования.

1. Определить область применения технологической оснастки в соответствии с показателями качества.
2. Разработать методы определения погрешности при закреплении прецизионных оболочковых изделий.
3. Предложить конструктивные подходы и методы расчета термооснастки для создания любого заданного закона распределения силы закрепления с целью уменьшения погрешности формы прецизионных оболочковых изделий.

Методы исследования.

В работе использовались теоретические и экспериментальные методы исследования. Теоретические задачи решались с применением научных основ технологии машиностроения, теории цилиндрических оболочек и теории теплопроводности с элементами дифференциального и интегрального исчисления. Экспериментальные исследования проводились на разработанной оснастке с тепловым способом закрепления. Обработка данных экспериментов проводилась при помощи стандартной программы Microsoft Excel с использованием элементов математической статистики.

Научная новизна.

- 1). Установлена связь между законом распределения сил закрепления и погрешностью формы оболочковой заготовки.
- 2). Разработан тепловой способ создания сил закрепления, распределенных по заданному закону.
- 3). Определены принципиальные возможности использования термооснастки. Методически разработаны основные этапы ее расчета.

Практическая ценность.

Практической ценностью работы являются:

- 1). Возможность уменьшать погрешность формы при закреплении оболочковых заготовок по сравнению с закреплением равномерно распределенными силами.
- 2). Создание любого заданного закона распределения сил закрепления.
- 3). Создание заданного отклонения формы оболочковой поверхности путем преднамеренного искажения обрабатываемой поверхности на этапе закрепления для технологического воздействия.

Реализация результатов работы.

Основные результаты работы приняты к внедрению в Научно – исследовательском электромеханическом институте (НИЭМИ).

Апробация работы.

Результаты работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры «Технология машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2000 – 2005 г. и на международной конференции «Образование через науку», Москва, 2005 г.

По материалам диссертации опубликовано четыре работы.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 167 страниц текста, включая 12 таблиц, 65 рисунков, список литературы из 44 наименований, а также приложения на 7 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечается актуальность проблемы закрепления прецизионных оболочковых деталей для технологического воздействия в условиях низкой жесткости оболочковой поверхности. Изложены методологические основы диссертационной работы. Даны общие характеристики результатов исследования и их практическая ценность. Представлены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу современных тенденций развития машиностроения. Как показал анализ, большое распространение получают конструкции оболочковой формы, которые позволяют рационально выбрать размеры и расположение поверхностей для обеспечения высокой жесткости при наименьшей массе. Подавляющее большинство деталей оболочковой формы, которые применяются в конструкциях, имеют отношение толщины h стенки к среднему радиусу a заготовки $\frac{1}{1000} < \frac{h}{a} < \frac{1}{50}$, и считаются тонкостенными. Для таких деталей проводилось исследование и в дальнейшем они назывались просто "оболочковыми деталями".

Установлено, что при изготовлении оболочковых деталей возникают технологические трудности, которые в наибольшей степени проявляются в области прецизионных технологий. В условиях низкой жесткости заготовки ее необходимо закреплять, обрабатывать и измерять. Силы закрепления для любого технологического воздействия деформируют заготовку и вызывают погрешность формы готовой детали. Возникает технологическое противоречие между необходимостью закрепления и деформацией от любого силового воздействия.

При закреплении оболочковых заготовок для технологического воздействия полностью исключаются сосредоточенные силы. Закрепление происходит равномерно распределенной нагрузкой. Но при изготовлении прецизион-

ных оболочковых заготовок не всегда удается достигнуть требуемых показателей качества из-за возникающей погрешности формы обрабатываемой поверхности от действия сил закрепления. Типичной является погрешность, связанная с краевым эффектом.

Анализ существующей проблемы показывает, что ее решение может быть сведено к исследованиям в области технологической оснастки. Основные направления работ в области приспособлений для прецизионных оболочковых заготовок состоят в следующем:

1. Ужесточение требований к точности всех параметров оболочковых деталей и возникновение противоречия между необходимостью закрепления заготовок и их деформированием, вынуждают технологов более внимательно относиться к выбору приспособлений для механической обработки и оценивать погрешность от сил закрепления при разработке технологического процесса.

2. Возникновение требований к отклонению формы оболочковой поверхности обуславливает применение приспособлений с заданным распределением сил закрепления. Силы закрепления создают такую форму поверхности заготовки, которая после раскрепления готовой детали обеспечивает заданное отклонение формы. Процесс преднамеренного искажения также относится к созданию запроектированного отклонения формы.

3. Процесс реализации сил с заданным законом распределения представляется сложным для основных существующих способов. Среди них механический, гидравлический, прессовый. Создать этими методами приспособление, у которого сила закрепления вдоль оси изменяется, сложно.

4. Еще одно перспективное направление работы над приспособлениями с заданным распределением сил закрепления – это обеспечение их универсальности. Например, использование ряда элементов такой оснастки для группы заготовок, возможность изменять закон распределения сил закрепления для одной конструкции приспособления.

В соответствии с направлениями работ в области оснастки для прецизионных оболочковых заготовок была сформулирована цель диссертационной работы и основные задачи исследования, которые направлены на улучшение качества оболочковых деталей путем существенного уменьшения погрешности формы от сил закрепления.

Вторая глава посвящена определению деформационной картины при закреплении оболочковых заготовок.

Для того, чтобы определить универсальную характеристику, отражающую цель технологического воздействия и вид базовой технологической поверхности была проведена классификация видов распределенной нагрузки. Эту характеристику в дальнейшем можно использовать как основу для описания любого вида распределенной нагрузки. Проведенная классификация

показала, что таким общим свойством можно считать интенсивность, изменяющуюся по любому закону. Тогда любой закон распределения сил закрепления, в том числе и равномерно распределенный, является частным случаем.

Так как для закрепления оболочковых заготовок равномерно распределенной нагрузкой возникают погрешности формы вблизи краев, было проведено исследование для определения вида этой погрешности. Для этого использовались положения теории упругости для тонкостенных оболочек. Уравнение равновесия для цилиндрической оболочки вдоль оси запишется:

$$D \frac{d^4 w}{dx^4} + \frac{Eh}{a^2} w = q,$$

где w – компонент смещения элемента оболочки в направлении радиуса заготовки от наружной поверхности к центру; a – средний радиус оболочки; q – интенсивность нагрузки; E – модуль упругости материала заготовки; h – толщина оболочки; D – жесткость оболочки при изгибе:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)},$$

где μ – коэффициент Пуассона материала заготовки.

Для упрощения записи и восприятия уравнения равновесия в теории оболочек введено обозначение:

$$\beta^4 = \frac{Eh}{4a^2 D} = \frac{3(1-\mu^2)}{a^2 h^2}.$$

Тогда уравнение равновесия для цилиндрической оболочковой заготовки можно записать:

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 w = \frac{q}{D}.$$

Из оболочки двумя меридиональными сечениями выделяется элемент – элементарная полоска, которая рассматривается как бесконечно длинная полоска, расположенная на упругом основании. Теоретическая зависимость погрешности формы от распределения сил закрепления рассмотрена для наиболее распространенного случая распределения сил – равномерно распределенного. Кроме того, рассуждения и математические выводы для этого случая используются в качестве основы для других видов распределения и других видов оболочковых заготовок не только в теории оболочек, но и в инженерных расчетах.

В ходе исследований было определено, что равномерно распределенные силы закрепления вызывают неравномерную деформацию вблизи краев, фланцев, вырезов, отверстий и других конструктивных элементов, изменяющих жесткость заготовки. Вблизи краев увеличение w радиуса составляет:

$$w = \frac{Qa}{4\pi l E h} \left(2 + e^{-\beta x} \cdot \cos \beta x \right), \quad (1)$$

где Q – сила закрепления; l – длина заготовки (зоны приложения сил закрепления); E – модуль упругости материала заготовки; h – толщина стенки; x – расстояние от края заготовки; β – коэффициент, который рассчитывается по

формуле: $\beta = \sqrt{\frac{3 \cdot (1 - \mu^2)}{a^2 \cdot h^2}}$, где μ – коэффициент Пуассона материала заготовки. А в средней части:

$$w = \frac{Qa}{2\pi l E h}.$$

Используя аналогичные рассуждения можно получить выражения для прогиба оболочковой поверхности вблизи других конструктивных элементов. Например, вблизи фланца прогибы рассчитываются:

$$w = \frac{Qa}{2\pi l E h} \left(1 - \frac{\mu}{2} \right) \cdot \left[1 + e^{-\beta x} \cdot (\sin \beta x + \cos \beta x) \right],$$

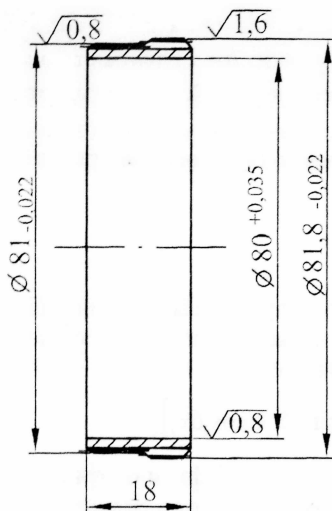
где x – расстояние от фланца. На рис. 1 изображены графики прогибов образующей оболочковой заготовки от действия равномерно распределенных сил закрепления вблизи края зубчатого колеса (рис. 1, а) и у фланца гладкой оболочковой поверхности (рис. 1, б).

Полученные зависимости для увеличения радиуса заготовки позволяют оценить величину погрешности формы оболочковой детали и определить случаи, когда величина этой погрешности будет оказывать существенное влияние на наследственную составляющую погрешности формы, или когда погрешность от закрепления превышает допуск или составляет от него значительную часть. Тогда при разработке технологического процесса следует принять меры к уменьшению этой составляющей суммарной погрешности.

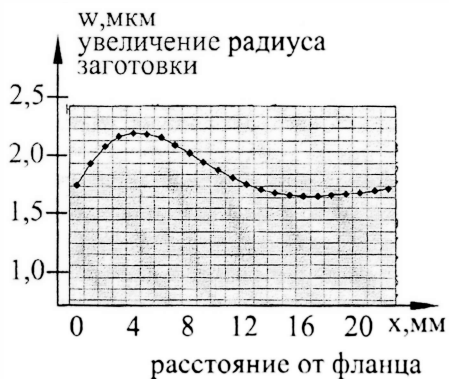
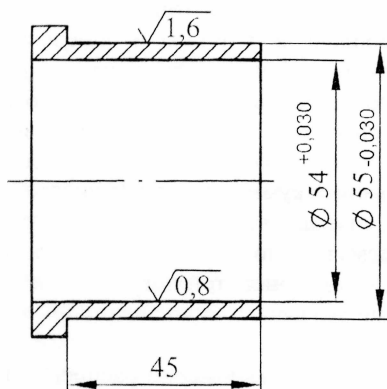
Исследования, проведенные в главе 2, показали, что при равномерно распределенной силе закрепления обрабатываемая оболочковая поверхность деформируется неравномерно. Поэтому для уменьшения этой погрешности необходимо создать неравномерную нагрузку.

Третья глава посвящена вопросу создания неравномерно распределенных сил закрепления тепловым способом и определения взаимосвязи температуры нагрева обрабатываемой поверхности и погрешности формы оболочковой поверхности заготовки.

Создание неравномерно распределенной силы закрепления возможно тепловым способом. Расчетная схема представляет сборку двух оболочковых деталей (рис. 2). Заготовка с толщиной стенки h , и средним радиусом a , устанавливается на оправку с толщиной стенки h_0 и средним радиусом a_0 с



a)



б)

Рис. 1. Прогибы образующей оболочковых поверхностей

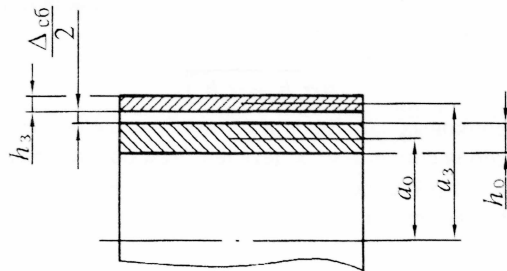


Рис. 2. Цилиндрическая оболочковая заготовка на оправке

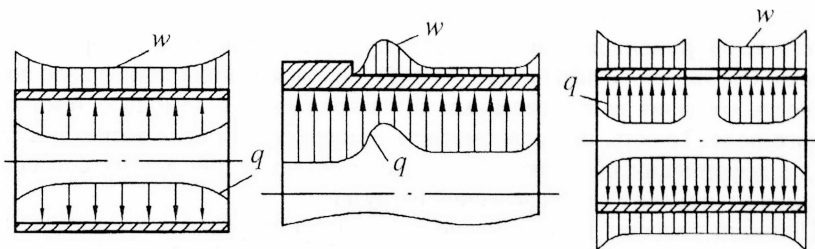


Рис. 3. Погрешность формы от равномерно распределенных сил закрепления и распределение нагрузки для уменьшения этой погрешности

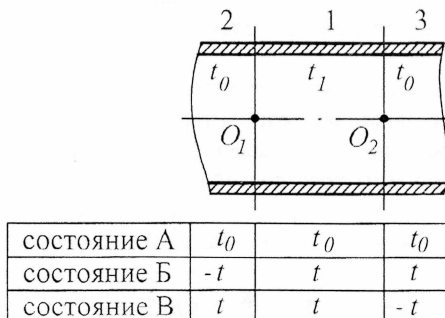


Рис. 4. Схема распределения температуры в оболочковой заготовке вдоль оси

гарантированным диаметральный сборочным зазором $\Delta_{сб}$. Выражение для определения температуры нагрева системы оправка – заготовка учитывает диаметральный сборочный зазор, натяг δ , связанный с силой закрепления заготовки и коэффициенты линейного температурного расширения материалов оправки и заготовки (α_z, α_o):

$$T = \frac{\Delta_{сб} + \delta}{2(\alpha_o h_o - \alpha_z h_z)}.$$

Закрепление оболочковых заготовок в термооснастке основано на увеличении линейных размеров сопрягаемых деталей. Чем больше толщина стенки детали, тем больше будет расширение при нагревании на одну и ту же температуру. Поэтому толщина стенки у оправки должна быть больше, чем у заготовки.

Связь температуры нагрева t_1 заготовки для создания необходимой силы закрепления с увеличением радиуса:

$$w = a \cdot \alpha \cdot t_1 \cdot (2 + e^{-\beta x} \cdot \cos \beta x), \quad (2)$$

где α – коэффициент линейного температурного расширения материала заготовки. Соответствие выражений (1) и (2) доказывает принципиальную возможность создания распределенных сил закрепления с помощью температурного поля. То есть, при равномерном температурном поле возникают такие же деформации оболочковой поверхности, как и при других способах создания равномерно распределенной нагрузки.

Принцип создания неравномерно распределенной силы закрепления состоит в получении неравномерно распределенного температурного поля. Уменьшение температуры нагрева в зонах, где прогибы от равномерно распределенных сил больше (вблизи отверстий, фланцев, вырезов, краев) позволяет получить меньшие деформации обрабатываемой поверхности (рис. 3). Здесь w – прогиб оболочковой поверхности от равномерно распределенной нагрузки, q – эпюра неравномерно распределенной нагрузки для уменьшения погрешности формы.

Реализация неравномерного температурного поля состоит в меньшей температуре нагрева края заготовки относительно средней части. Тогда сложное температурное состояние раскладывается на три элементарных (рис. 4) и температура для каждого из трех состояний суммируется в соответствующих сечениях. Состояние А – это равномерный прогрев заготовки, прогиб рассчитывается по выражению (2). Состояния Б и В соответствуют прогибу заготовки:

$$w = a \alpha t \cdot (1 - e^{-\beta x} \cdot \cos \beta x),$$

где x – расстояние от сечения, где температура заготовки изменяется (т. O_1 и O_2). Расчеты по приведенным формулам показывают, что при разнице тем-

ператур средней части и края порядка нескольких градусов погрешность формы оболочковой поверхности уменьшается.

Для того, чтобы определить температуру в любой точке поверхности заготовки в любой момент времени, было использовано дифференциальное уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} + f_0,$$

где $t = t(x, \tau)$ – температура в точке с координатой x в момент времени τ , (координата x отсчитывается от источника тепла); c – теплоемкость единицы массы материала заготовки (удельная теплоемкость); ρ – плотность материала; λ – коэффициент теплопроводности; f_0 – плотность теплового потока:

$$f_0 = \frac{w_T}{c\rho},$$

где w_T – производительность источника тепла (количество выделяемого тепла в единицу времени в единице объема тела заготовки, $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$); $c\rho$ – теплоемкость единицы длины.

Дифференциальное уравнение теплопроводности дополняется начальными и граничными условиями. Начальные условия характеризуют распределение температуры t в заготовке в начальный момент времени $\tau = 0$. Примем, что температура заготовки перед началом технологического воздействия равномерна и равна температуре окружающей среды: $t(x, 0) = t_0$.

Граничные условия определяют взаимодействие заготовки с окружающей средой. В поставленной технологической задаче поверхность заготовки не имеет теплоизоляции, поэтому часть тепла через наружную и внутреннюю цилиндрические поверхности передается окружающей среде. Потерянное технологической системой тепло вычисляется по закону Ньютона: количество тепла q_n , передаваемое в единицу времени с единицы поверхности в окружающую среду, прямо пропорционально разности температур поверхности тела t и окружающей среды t_0 :

$$q_n(\tau) = \alpha_T \cdot [t(\tau) - t_0],$$

где α_T – коэффициент теплоотдачи.

Решение дифференциального уравнения теплопроводности позволяет получить значения температуры заготовки в любой точке на расстоянии x от источника тепла в любой момент времени и представляется в виде матрицы. Решение, представленное в таком виде, удобно при определении разницы температур Δt края и средней части, длины l более холодной зоны и для

определения времени Δt , в течение которого можно проводить технологическое воздействие на заготовку. Фактически, время Δt связано с основным технологическим временем и влияет на выбор режимов резания (скорости резания и подачи). Кроме этого важно и время, которое проходит до наступления интервала Δt . Оно определяет вспомогательное время на закрепление заготовки. Принцип работы оснастки позволяет совмещать основное и вспомогательное технологические времена.

Ряд параметров и положений не могут быть определены теоретически. Например, величина коэффициента теплоотдачи α_T может быть найдена только экспериментально и зависит от условий окружающей среды. Кроме того, на этом этапе исследования не известна скорость распространения тепла на обрабатываемой оболочковой поверхности и характер температурного поля (стационарный или нестационарный). Поэтому для определения этих положений и параметров, а также для подтверждения теоретически полученных результатов были проведены экспериментальные исследования.

Четвертая глава посвящена экспериментальной части исследований.

Методика проведения экспериментов включает в себя решение двух задач. Первая относится к подтверждению теоретических положений и выявлению связи температуры нагрева системы с характеристиками технологического процесса (временем, величиной диаметрального сборочного зазора между заготовкой и оправкой, силой закрепления). К теоретическим положениям, требующим экспериментального подтверждения, относятся краевой эффект – большее увеличение радиуса заготовки вблизи края, по сравнению со средней частью, и зависимость увеличения радиуса заготовки в средней части от температуры нагрева. Вторая часть экспериментов относится к разработке методики расчета технологической оснастки с любым заданным законом распределения сил закрепления.

Исследования проводились на специально спроектированной оснастке с тепловым способом закрепления и состояли из четырех основных этапов.

1. Установление зависимости между увеличением размера заготовки и температурой нагрева обрабатываемой поверхности. Эксперимент подтвердил существование большей погрешности формы вблизи края при равномерном распределенных силах закрепления. Большой коэффициент теплоотдачи у края заготовки позволяет при равномерном нагреве оснастки уменьшить величину погрешности формы на краю, а также у отверстий и вырезов без дополнительных технологических и конструктивных решений. Увеличение размера заготовки зависит от материала оправки: чем коэффициент линейного температурного расширения этого материала больше, тем увеличение размера больше.

Значительным достоинством разработанной термооснастки, которое вы-
явилось при проведении экспериментов, является реализация неравномерно
распределенной силы закрепления при равномерной температуре нагрева.
Суть обнаруженного явления состоит в том, что на краю заготовки величина
коэффициента теплоотдачи больше, чем в средней части, а температура, со-
ответственно, меньше. Это вызывает меньшие прогибы обложечковой поверх-
ности вблизи края и меньшую погрешность формы.

2. Установление зависимости температуры нагрева от времени. Экспери-
мент показал, что скорость нагревания и охлаждения заготовки закрепленной
на термооснастке зависит, главным образом, от мощности нагревательного
элемента. Материал оправки мало влияет на изменение температуры заготов-
ки во времени. Изменение температуры заготовки при нагревании описы-
вается полиномной зависимостью, а остывания – экспоненциальной. Кривые
при больших значениях времени описывают явление теплового равновесия,
которое возникает между оснасткой и окружающей средой.

3. Определение зависимости момента силы закрепления от величины по-
грешности формы сопрягаемых поверхностей. При сборке прецизионных де-
талей разница посадочных диаметров сравнима с их погрешностью формы и
говорить о постоянном сборочном зазоре не имеет смысла. Поэтому в экспе-
риментальных исследованиях использовался не диаметральный сборочный
зазор, как в расчетах, а погрешность формы сопрягаемых поверхностей – от-
клонение от круглости наружной поверхности оправки термооснастки. В хо-
де проведения эксперимента установлено, что сила закрепления Q определя-
ется по формуле:

$$Q = (k_1 \Delta_\phi + k_2) \cdot t + Q(t_{\text{закр}}),$$

где k_1 и k_2 – экспериментальные коэффициенты, которые зависят от мате-
риала оправки; Δ_ϕ – погрешность формы посадочной поверхности заготовки;
 t – температура обрабатываемой поверхности заготовки; $t_{\text{закр}}$ – температура,
необходимая для компенсации сборочного зазора; $Q(t_{\text{закр}})$ – расчетная сила
закрепления:

$$Q(t_{\text{закр}}) = -(k_1 \Delta_\phi + k_2) \cdot t_{\text{закр}}.$$

Полученные выражения для определения силы закрепления показывают,
что в случае необходимости расчета ее величины необходимо, чтобы заго-
товка на оправку устанавливалась свободно.

4. Создание силы закрепления с заданным законом распределения. Экс-
периментальные исследования подтвердили явление геометрического сум-
мирования температуры от каждого из включенных нагревательных элемен-
тов в соответствующих сечениях. Результаты экспериментов позволили сде-
лать вывод, что для получения заданного закона распределения сил закреп-

ления нужно изменять мощность электронагревателя, расстояние между модулями и количество модулей, устанавливаемых в термооснастке.

Пятая глава посвящена описанию конструкции оснастки с тепловым способом закрепления, основным этапам ее расчета, выбору материалов и принципиальным возможностям использования. Разработаны рекомендации по применению термооснастки для закрепления прецизионных оболочковых заготовок, сформулированы ее достоинства и недостатки:

1. Разработанная оснастка может применяться для разных технологических операций (механическая обработка, сборка, контроль).

2. Термооснастка применяется для нежестких оболочковых заготовок, которые по определенным причинам нетехнологично закреплять в других существующих приспособлениях. Показаниями к применению термооснастки являются:

- необходимость уменьшить наследственную составляющую погрешности формы оболочковой детали, а также величину погрешности формы на данной операции, если она выходит за пределы допуска при закреплении в приспособлении с равномерно распределенными силами;
- обеспечение заданного отклонения формы обрабатываемой поверхности;
- создание заданного закона распределения силы закрепления.

3. Преимущества использования термооснастки:

- возможность закрепления оболочковых заготовок с уменьшенной погрешностью формы по сравнению с другими приспособлениями, создающими равномерно распределенные силы закрепления;
- относительная простота конструкции термооснастки при возможности создания любого заданного закона распределения сил закрепления;
- универсальность элементов приспособления для ряда обрабатываемых заготовок: один вал можно использовать для нескольких комплектов модулей с разными наружными диаметрами;
- возможность контролировать силу закрепления заготовки посредством контроля температуры нагрева обрабатываемой поверхности.

4. Недостатки разработанной термооснастки:

- из-за невозможности теоретического определения ряда параметров и положений используются экспериментальные данные при проектировании оснастки: температуры обрабатываемой поверхности при погашении сборочного зазора для определения зависимости силы закрепления от температуры;
- при создании определенной силы закрепления необходимо измерение погрешности формы сопрягаемых поверхностей; это приводит к индивидуальному расчету для каждой обрабатываемой заготовки;
- ряд зависимостей в методике расчета связаны с материалом оправки: изменение материала приведет к внесению поправочных коэффициентов;

– все зависимости методики расчета справедливы для одного значения толщины оправки и заготовки. Изменение этих величин также приводит к возникновению поправочных коэффициентов.

ОБЩИЕ ВЫВОODY

1. При закреплении прецизионных оболочковых заготовок и деталей равномерно распределенными силами оценка точности должна производиться методом определения величины погрешности формы вблизи краев, фланцев, отверстий, вырезов и других конструктивных элементов.

2. Величину погрешности формы обрабатываемой оболочковой поверхности от равномерно распределенных сил закрепления следует определять по полученным зависимостям. Расчет погрешности формы позволяет определить необходимость применения специальной оснастки для уменьшения величины этой погрешности.

3. Определено, что величину погрешности формы при тепловом способе создания сил закрепления следует определять по полученным зависимостям, которые связывают температуру заготовки с величиной силы закрепления.

4. Применение термооснастки целесообразно для создания сил закрепления по любому заданному закону распределения и уменьшения погрешности формы оболочковых изделий.

5. Параметры технологической оснастки следует определять на основе зависимостей, связывающих технологическое время, силы закрепления и температуру обрабатываемой поверхности.

6. Разработана методика общей компоновки термооснастки для механической обработки, сборки и контроля.

7. Перспективой дальнейшего развития конструкции и использования термооснастки является создание образцов со встроенными малогабаритными аккумуляторными батареями.

Основные положения диссертации отражены в работах:

1. Малиева (Савельева) Л.В. Методы закрепления оболочковых деталей // Технология металлов, 2000. – № 1. – С. 17-20.

2. Савельева Л.В. Деформации оболочковых деталей при закреплении // Технология металлов, 2000. – № 12. С. 12-16.

3. Савельева Л.В. Оснастка для закрепления прецизионных заготовок оболочковой формы // Образование через науку. Тезисы докладов международной конференции. – М., 2005. – С. 173.

4. Савельева Л.В. Оценка величины погрешности формы цилиндрических оболочковых заготовок при равномерно распределенных силах закрепления // Справочник. Инженерный журнал, 2005. – № 1. С. 29 – 31.

У1738117	
Савельева Л.В.	
Разработка и исследование методов повышения качества прецизионных оболочковых деталей	
2005	0-00

У 1738117

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока
