

распределение механических свойств материала при ротационной вытяжке оболочечных деталей, а также обосновать с их помощью рациональные технологические режимы и условия проведения ротационной вытяжки с отклонениями от закона «синуса» и предложить ряд новых технических решений по совершенствованию технологии ротационной вытяжки, следует считать актуальной и важной для производства ракетно-космической техники.

Структура, цель, решаемые задачи и содержание диссертации.

Общий объём диссертации составляет 155 страниц и включает введение, четыре главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы (120 наименований) и приложения.

Целью работы являлась разработка комплексной методики совершенствования процессов ротационной вытяжки, обеспечивающей изготовление элементов конструкций топливных баков с улучшенными свойствами.

Достижение поставленной в работе цели обеспечено решением теоретических задач, проведением экспериментальных исследований и технологической отработкой. Теоретические исследования включали конструктивно-технологический анализ осесимметричных деталей, применяемых в ракетно-космической технике и анализ существующих технологий их изготовления, описание современного состояния теории и практики ротационной вытяжки, аналитическое исследование потери устойчивости фланца заготовки при ротационной обработке, анализ напряжённо-деформированного состояния в очаге пластической деформации конических заготовок методом координатных сеток и исследование деформационного упрочнения при комбинированной ротационной обработке. Для подтверждения теоретических результатов выполнены экспериментальные исследования. Технологическая отработка обеспечила изготовление серийных бездефектных деталей требуемого качества, с меньшими затратами, а также позволила сформулировать технологические рекомендации по изготовлению осесимметричных деталей.

Введение содержит краткий обзор рассматриваемых вопросов и обоснование актуальности темы, дано описание объекта, предмета и цели исследования, сформулированы задачи, необходимые для достижения поставленной цели. Дано описание теоретического значения и практической значимости выполненной работы, а также использовавшиеся методы исследований. Сформулированы положения, выносимые на защиту. Представлена степень достоверности и апробация результатов, личный вклад соискателя.

В главе 1 представлен анализ современного состояния производства в ракетно-космической технике осесимметричных деталей. Выполнен конструктивно-технологический анализ указанных деталей, рассмотрены основные требования к показателям качества и сформулированы целевые функции. Проанализированы применяемые технологии изготовления осесимметричных деталей и отмечены их недостатки. Дано описание современного состояния теории и практики ротационной вытяжки и указаны нерешённые задачи в этой области техники.

Глава 2 посвящена теоретическим исследованиям технологий ротационной вытяжки. Сформулировано положение о возможности проведения ротационной вытяжки с отклонением от закона «синуса». Разработана математическая модель, описывающая возможность обработки с отклонением от закона «синуса» и приведён пример расчёта технологических параметров ротационной вытяжки. Предложена методика проектирования технологии ротационной вытяжки конических оболочечных деталей с отклонениями от закона «синуса».

Также во второй главе на проведен анализ напряжённо-деформированного состояния в очаге пластической деформации конических заготовок при ротационной вытяжке методом координатных сеток. Разработан графо-аналитический метод расчёта распределения накопленных в результате обработки деформаций. Представлены результаты расчёта накопленных деформаций.

Разработана математическая модель и методика расчёта локального деформационного упрочнения деталей новым способом с использованием ротационной вытяжки. На основе предложенной методики проведены расчёты по упрочнению широко используемого в промышленности алюминиевого сплава АМгб

для двух различных вариантов обработки и показана целесообразность применения данного способа упрочнения при изготовлении деталей ротационной вытяжкой.

В главе 3 приведены результаты экспериментальных исследований. Методом координатной сетки экспериментально исследовалось напряжённо-деформированное состояние при ротационной вытяжке как по закону «синуса», так и с отклонением от него. Приведены результаты испытаний механических свойств сплава 1201Т1 и металлографических исследований после обработки. Результаты экспериментальных исследований подтвердили адекватность моделей, разработанных во второй главе. Представлены также экспериментальные исследования, подтвердившие возможность изготовления широких листов металла на основе применения операции ротационной вытяжки.

Глава 4 содержит технологические рекомендации и описание внедрения полученных результатов в производство.

В заключении приведены основные результаты исследований, выполненных в диссертации.

Автореферат диссертации Логунова Л.П. отражает содержание диссертации и удовлетворяет предъявляемым требованиям по оформлению.

Тематика диссертации Логунова Л.П., её содержание и основные результаты соответствуют требованиям паспорта специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Степень обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке комплексной методики совершенствования процессов ротационной вытяжки, которая позволяет изготавливать элементы конструкций топливных баков ракет-носителей с улучшенными свойствами. Под комплексной методикой автор понимает совокупность, включающую методику проектирования технологических процессов ротационной вытяжки с отклонением от закона «синуса», методику расчёта напряжённо-деформированного состояния при ротационной вытяжке конических

деталей и методику расчёта деформационного упрочнения материала новым способом ротационной обработки.

В основу методики проектирования технологических процессов ротационной вытяжки с отклонением от закона «синуса» положены математические модели гофрообразования на основе энергетического критерия потери устойчивости заготовки.

Методика расчёта напряжённо-деформированного состояния при ротационной вытяжке, основанная на гипотезе о кинематике пластического течения как суперпозиции деформаций изгиба и сдвига как при обработке по правилу «синуса», так и при обработке с отклонением от него, позволяет определить распределение накопленных деформаций в элементах конструкций после обработки. Моделирование процесса ротационной вытяжки методом координатной сетки позволило автору выполнить расчёты по распределению накопленных деформаций и степени упрочнения материала по толщине стенки и по образующей изготавливаемых деталей.

Методика расчёта деформационного упрочнения материала ориентирована на запатентованный способ формообразования гофров и их последующее разглаживание. На конкретном примере выполнено моделирование локального упрочнения материала новым способом.

Положения и допущения, использованные в диссертации при разработке математических моделей, представляются в достаточной степени обоснованными и непротиворечивыми. Они основаны на принятых в теории обработки металлов давлением подходах к решению задач пластического деформирования металлических заготовок и подтверждены результатами экспериментальных исследований. Разработанные автором математическая модель оценки возможности гофрообразования при ротационной вытяжке, уточненная модель деформирования заготовки в условиях ротационной вытяжки как суперпозиция изгиба и сдвига, а также модель расчета локального деформационного упрочнения являются достоверными и обладают признаками научной новизны. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, основаны на результатах выполненных исследований и представляются в достаточной степени обоснованными,

достоверными и подтвержденными практикой отработки новых технологических процессов в условиях реального производства.

Разработанные методики позволяют снизить трудоемкость технологического проектирования и обеспечить изготовление элементов конструкций летательных аппаратов с улучшенными свойствами по массе, прочности, точности и герметичности.

Сформулированные в диссертационной работе теоретические положения и полученные результаты прошли апробацию на XXXVI, XL, XLI; XLII и Академических чтениях по космонавтике в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Основное содержание работы и её результатов опубликовано в 11 научных статьях, в том числе 4 из них – в журнале, входящем в перечень рекомендованных изданий ВАК РФ. При проведении исследований по теме диссертации Логуновым Л.П. в соавторстве получены два патента РФ на изобретения. Разработанные автором теоретические и практические результаты использовались при разработке технологических процессов и изготовлении серийных деталей ответственного назначения.

Основные научные и практические результаты, полученные автором при подготовке диссертации.

Научные результаты диссертации заключаются в следующем:

- разработанная математическая модель позволяет моделировать процесс образования гофров при ротационной вытяжке и расширить возможность управления толщиной стенки изготавливаемых деталей;

- теоретически разработанная и экспериментально подтвержденная уточнённая модель деформирования, основанная на гипотезе суперпозиции пластических деформаций изгиба и сдвига при ротационной вытяжке, позволила определять распределение механических характеристик, в том числе по толщине стенки обработанных деталей.

Результатами, наиболее значимыми для практики являются:

- обоснование запатентованного способа локального деформационного упрочнения, обеспечивающего повышение прочностных характеристик обработанного материала, что обеспечивает снижение массы изделий;

- обоснование запатентованного способа изготовления крупногабаритных деталей, позволяющего увеличить герметичность днищ топливных баков за счёт сокращения длины сварных швов.

Замечания по диссертационной работе в целом.

1. В работе рассматривается напряжённо-деформированное состояние в очаге пластической деформации при ротационной вытяжке в предположении плоского деформированного состояния. В тоже время известен ряд работ, в которых показано, что напряжённо-деформированное состояние в очаге пластической деформации при ротационной вытяжке является более сложным. Поэтому полученные результаты правомерны для решения ограниченного числа задач. Разработка методики расчета технологических параметров при ротационной вытяжке с учётом сложного напряжённо-деформированного состояния позволила бы повысить научную ценность результатов исследования.

2. В работе рассмотрено влияние на процесс ротационной вытяжки с отклонением от правила «синуса» только одного технологического параметра, а именно отклонение величины зазора между обрабатываемым роликом и технологической оправкой и не рассмотрено влияние других технологических параметров, например скорости подачи и величины радиуса скругления ролика. Это не позволяет решить задачу выбора комплекса рациональных режимов ротационной вытяжки.

3. Предложенный критерий Φ_1 является «суммой углов изгиба всех гофров, зависящей от количества гофров и их высоты». Предложенный критерий Φ_2 также является угловой величиной. Измерение углов гофров является нетривиальной технической задачей, требующей разработки аттестованной методики измерений, которая в работе не представлена, что затрудняет корректное сравнение результатов расчетов с данными экспериментов.

4. В работе рассматривается изменение механических свойств материала за счёт деформационного упрочнения, связанного с накоплением дефектов кристаллической структуры, которые могут привести к уменьшению герметичности изготовленных деталей. В работе не представлены оценки влияния технологических параметров обработки на степень герметичности деталей после обработки.

Указанные замечания не влияют существенным образом на общую положительную оценку диссертации и не затрагивают научной и практической значимости результатов работы Логунова Л.П.

Заключение.

На основании проведённого анализа считаю, что диссертационная работа Логунова Л.П. «Комплексная методика совершенствования процессов ротационной вытяжки элементов конструкций топливных баков ракет-носителей» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему на достаточно высоком научном уровне. В диссертационной работе решена актуальная научная задача обоснования условий проведения ротационной вытяжки с отклонениями от закона «синуса» при изготовлении прецизионных оболочечных деталей переменной толщины и повышенной прочности для ракет-носителей. Автор диссертации является эрудированным специалистом, обладающим большим практическим опытом в области производства изделий ракетно-космической отрасли, способным решать сложные научно-исследовательские задачи.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842. В диссертации изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки, защищённые, в том числе двумя патентами РФ на изобретения. Использование полученных в диссертации результатов в производстве имеет существенное значение для развития ракетно-космической отрасли России, поскольку в диссертационной работе изложены новые научно-обоснованные технологические решения, пригодные для серийного изготовления

ротационной вытяжкой осесимметричных деталей изделий ракетно-космической техники.

Автор диссертационной работы – Логунов Леонид Петрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)



В.Д. Баскаков

Контактная информация:
адрес: г. Москва, 105005,
ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1;
тел.: 8-499-263-63-36;
e-mail: baskakov_vd@bmstu.ru

Подпись официального оппонента - доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана Баскакова Владимира Дмитриевича удостоверяю.

Руководитель Научно-учебного комплекса «Специальное машиностроение» МГТУ им. Н.Э. Баумана, доктор техн. наук, профессор




Владимир Тимофеевич Калугин