



НПО ТЕХНОМАШ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «РОСКОСМОС»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ТЕХНОМАШ»
(ФГУП «НПО «Техномаш»)

127018, г.Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131
тел.: (495)689 50 66, факс (495) 689 73 45
e-mail: info@tmnpo.ru www.tmnpo.ru

ОКПО 07527638, ОГРН 1037739453982, ИНН 77 15012448, КПП 77 1501001

Исх. от 04.06.2018 № 240-5/3817

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научной работе
ФГУП «НПО «Техномаш»



А.В. Бараев
2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию
Логунова Леонида Петровича на тему:

«Комплексная методика совершенствования процессов ротационной вытяжки элементов конструкций топливных баков ракет-носителей»
на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов

Актуальность темы и цель диссертационной работы

В изделиях ракетно-космической техники (РКТ) широко применяются осесимметричные детали, изготавливаемые из листовых заготовок: обшивки днищ топливных баков и герметичных отсеков, днища лейнеров и баков высокого давления, различные детали ёмкостей пневмогидравлических систем (ПГС), в том числе фланцы, патрубки, разделительные диафрагмы и др. К деталям изделий РКТ предъявляются высокие требования

Современный уровень технологии изготовления перечисленных деталей базируется на таких традиционных методах листовой штамповки, как вытяжка, формовка, обтяжка и гибка, и зачастую уже не отвечает постоянно растущим эксплуатационным требованиям к этим деталям по критерию упрочнения металла детали после формообразования, а также необходимости управления толщиной заготовки при её обработке.

В последние годы все большее распространение для изготовления подобных деталей получают технологии локального деформирования, в том числе технология ротационной вытяжки. Наиболее полно исследована проекционная ротационная вытяжка по правилу «синуса», которая, в силу особенностей процесса, не обеспечивает достижение заданных характеристик деталей, в том

числе необходимого распределения толщины и механических свойств. Возможности ротационной вытяжки с отклонением от правила «синуса» изучены недостаточно, чтобы использовать её на практике.

Объектом исследования в диссертации являлись элементы конструкции топливных баков ракет-носителей (РН): обшивки днищ, фланцы и диафрагмы. **Предметом исследования** выбраны процессы ротационной вытяжки элементов конструкции топливных баков по методике с отклонением от правила «синуса».

Это техническое новшество позволит повысить характеристики прочности, точности и герметичности элементов конструкции при одновременном уменьшении их массы. В связи с этим тема диссертационной работы Л.П. Логунова, нацеленной на повышение качества элементов конструкций топливных баков РН по прочностным, точностным, весовым и иным эксплуатационным показателям, является актуальной.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Проанализированы известные технологии, методики проектирования технологических процессов и методы расчета технологических параметров при ротационной вытяжке; выявлены недостатки традиционных методов изготовления.

2. Проведены такие теоретические исследования, как: определение предельных возможностей ротационной вытяжки с отклонением от правила «синуса»; уточнение напряжённо-деформированного состояния в очаге пластической деформации при изготовлении конусообразных деталей; моделирование деформационного упрочнения материала деталей после комбинированной ротационной обработки.

3. Экспериментально подтверждены пределы возможной обработки конических деталей с отклонением от правила «синуса», подтверждено соответствие напряжённо-деформированного состояния в очаге пластической деформации разработанной теоретической модели. Экспериментально определены изменения механических характеристик (σ_b , $\sigma_{0,2}$) и микроструктуры материалов деталей после ротационной вытяжки.

4. Разработаны пути совершенствования процессов ротационной вытяжки с целью достижения требуемых показателей качества изготавливаемых деталей, включая новые способы комбинированной обработки.

5. Разработаны методики проектирования и расчёта технологических параметров новых разновидностей ротационной вытяжки.

6. Проведена технологическая отработка, включающая разработку технологических процессов изготовления деталей топливных баков, проектирование и изготовление технологической оснастки.

Научная новизна диссертационной работы Л.П. Логунова заключается в разработке комплексной методики совершенствования процессов ротационной вытяжки элементов конструкций топливных баков РН с улучшенными свойствами, включающей следующие новые методики:

- проектирования технологических процессов ротационной вытяжки с отклонением от правила «синуса», позволяющих обеспечить управление толщиной стенки изготавливаемых деталей;

- расчёта напряжённо-деформированного состояния в локальном очаге деформации при ротационной вытяжке, для чего кинематика пластического течения металла представляется как суперпозиция деформаций изгиба и сдвига в условиях плоского деформированного состояния;

- расчёта локального деформационного упрочнения материала деталей новым запатентованным способом с использованием ротационной вытяжки.

В ходе диссертационного исследования соискателем получены новые научные результаты теоретического и прикладного характера:

1. Разработаны математическая модель образования гофров и методика проектирования процессов ротационной вытяжки с использованием критерия, учитывающего потерю устойчивости фланца заготовки, позволяющая расширить возможности управления толщиной стенки изготавливаемых деталей в пределах $\pm 15\%$, а также рассчитать необходимое количество переходов при обработке.

2. Теоретически разработана и экспериментально подтверждена уточнённая модель деформирования, основанная на представлении, в соответствии с которым пластические деформации при ротационной вытяжке являются суперпозицией деформаций изгиба и сдвига. Уточнённая модель деформирования применима как при обработке по правилу «синуса», так и при обработке с отклонением от этого правила. Разработанная на основе уточнённой модели методика расчета позволяет определять распределение механических характеристик по толщине стенки и по образующей элементов конструкций после обработки.

3. Обосновано внедрение запатентованного способа локального деформационного упрочнения. Разработанный метод расчёта подтвердил возможность повышения прочностных характеристик сплава АМгбМ: σ_s на 8,2%, а $\sigma_{0,2}$ на 34,1 %, и уменьшение массы обшивок днищ баков до 34% по сравнению с обшивками, изготовленными по существующей технологии.

4. Обосновано внедрение запатентованного способа изготовления крупногабаритных деталей, исключающего применение сварных заготовок, позволяющего снизить массу обшивок днищ баков на 2...3% и повысить их герметичность до 60%, что особенно важно для баков с криогенными компонентами.

5. Разработана технология изготовления разделительных диафрагм топливных баков с применением ротационной вытяжки, обеспечившая изготовление деталей с допусками по толщине, не превышающими 0,05...0,1 мм и отклонениями от теоретического контура не более 0,1%.

6. Внедрение технологического процесса ротационной вытяжки обшивок днищ позволит получить на предприятии ожидаемый годовой экономический эффект около 3,8 млн. руб., снизить трудоёмкость изготовления на 28%, высвободить около 300 м² производственных площадей. Кроме того, сократятся

сроки и затраты на экспериментально-доводочные работы и на технологическую подготовку производства.

Достоверность научных положений и выводов, приведённых в работе, подтверждается использованием апробированных методик теоретических и экспериментальных исследований, принятием обоснованных корректных предположений и допущений, удовлетворительным совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также изготовлением элементов конструкций с улучшенными свойствами, используемых в серийном производстве топливных баков РН.

Практическая значимость работы:

1. Разработан способ локального деформационного упрочнения деталей (патент РФ № 2490085), позволяющий уменьшить массу ракет-носителей.

2. Разработан способ изготовления широких заготовок (патент РФ № 2494829), позволяющий уменьшить массу и повысить герметичность топливных баков РН.

3. Разработаны технологические процессы, спроектирована и изготовлена технологическая оснастка, проведена отработка технологий изготовления, обеспечивших снижение затрат и сокращение сроков технологической подготовки производства топливных баков РН.

4. Разработанные технологии внедрены в серийное производство при изготовлении трёх серийных деталей ответственного назначения: диафрагм двух типоразмеров и фланца днища.

Публикации и апробация результатов работы

Основное содержание диссертации отражено в 11 научных статьях, 4 из которых опубликованы изданиях, входящих в Перечень ВАК. Получены два патента РФ на изобретения.

Основные положения диссертации докладывались: на XLII, XLI; XL и XXXVI Академических чтениях по космонавтике в МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2018, 2017, 2016, 2012 годах соответственно. Материалы работы были доложены на Международной молодёжной научно-технической конференции «Перспективные подходы и технологии проектирования и производства деталей и изделий аэрокосмической техники» (2017 г.). На конкурсе «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка» ГКНПЦ им. М.В. Хруничева в 2011 г. представленная разработка признана победителем и награждена дипломом 2-й степени.

Структура и объём работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (из 120 наименований) и приложений. Диссертация изложена на 155 страницах, содержит 110 рисунков и 19 таблиц. Материал диссертации в полном объёме даёт необходимую информацию для эффективного использования результатов в машиностроении.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы Л.П. Логунова уже используются в АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» при производстве серийных изделий РКТ и могут быть рекомендованы для внедрения на других предприятиях ракетно-космической и смежных отраслей промышленности, использующих технологии ротационной вытяжки для производства изделий ответственного назначения.

В диссертации следует отметить следующий недостаток: терминология обозначения научной новизны может быть растолкована по-разному. Однако указанный недостаток не снижает общей положительной оценки работы.

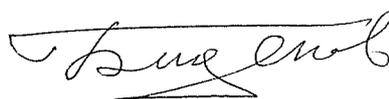
Соответствие работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Диссертация Л.П. Логунова является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи создания комплексной методики совершенствования процессов ротационной вытяжки, обеспечивающей изготовление элементов конструкций топливных баков с улучшенными свойствами на предприятиях ракетно-космической отрасли машиностроения.

Диссертация Л.П. Логунова соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Диссертация выполнена соискателем самостоятельно, на достаточном научно-техническом уровне, соответствует паспорту специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов. Л.П. Логунов заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании секции № 1 «Технология производства изделий ракетно-космической техники» научно-технического совета ФГУП «НПО «Техномаш» 04 июня 2018 г., протокол № 9.

Главный научный сотрудник
отделения технологии сварки и пайки,
доктор технических наук, доцент
«04» Ильин 2018 г.



В.Г. Бещеков

Подпись В.Г. Бещекова заверяю.
Учёный секретарь научно-технического совета,
кандидат технических наук



Д.А. Муртазин

Бещеков Владимир Глебович,
доктор технических наук по специальностям «05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» и «05.02.09 – «Технологии и машины обработки давлением», доцент, заслуженный изобретатель РФ, главный научный сотрудник отделения технологии сварки и пайки федерального государственного унитарного предприятия «Научно-производственное объединение «Техномаш», 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, Москва, 127018, а/я 131, тел. (495) 689-95-71, e-mail: kulik-nic-svarka@mail.ru