

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук профессора Моисеева Виктора Кузьмича на диссертацию Пхью Вей Аунг «Повышение эффективности технологического процесса раздачи трубчатых заготовок при изготовлении деталей летательных аппаратов», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

### **Актуальность темы диссертации.**

Диссертация Пхью Вей Аунг, связанная с рассмотрением вопросов совершенствования процессов раздачи элементов конструкций гидрогазовых систем летательных аппаратов, выполнена на актуальную тему. В научно-технической литературе имеется большое количество публикаций, посвящённых изучению различных сторон процессов раздачи трубчатых заготовок. Автор в своей работе исследует важные с практической точки зрения, но недостаточно изученные вопросы раздачи осесимметричных полуфабрикатов с применением электротермического воздействия. В настоящее время методики расчёта основных технологических параметров указанной обработки отсутствуют, хотя требуются для ускорения отработки новых технологий изготовления трубчатых деталей летательных аппаратов и внедрения их в производство.

### **Оценка новизны**

1. Разработана комплексная методика совершенствования процессов раздачи трубчатых заготовок из труднодеформируемых сплавов при производстве элементов гидрогазовых систем летательных аппаратов, включающая:

- методику расчета распределения напряжений в сыпучем разномодульном упрочняющемся материале, позволяющую управлять нагружением трубчатой заготовки в процессе раздачи средней ее части;

- методику расчета предельных технологических возможностей процессов раздачи тонкостенных трубчатых заготовок и прогнозирования дефектов штампуемых деталей летательных аппаратов;

- методику проектирования технологических процессов штамповки элементов гидрогазовых систем летательных аппаратов, позволяющую обеспечить электротермическое воздействие на трубчатую заготовку, что расширяет технологические возможности процесса.

2. В ходе проведения экспериментальных исследований выявлены наиболее благоприятные режимы температуры от 250 до 350 °С при постоянной скорости деформирования в процессе раздачи трубчатой заготовки из титанового сплава ОТ4-1.

Основные результаты, полученные в представленной к защите диссертационной работе, прошли апробацию на трёх научно-технических конференциях студентов и аспирантов в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», двух Международных мультидисциплинарных конференциях по промышленному инжинирингу и современным технологиям «FarEastConf-2018» и «FarEastConf-2019» в ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», конференциях в Арсеньеве и Сочи. По результатам исследований опубликовано 10 статей, в том числе две - в журналах, рекомендованных ВАК; две статьи включены в базу цитирования Scopus. Кроме того по теме диссертации Пхью Вей Аунг в соавторстве получены два патента на изобретения.

Новые результаты получены одновременно в двух областях исследований, сформулированных в паспорте специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»:

- в области «Технологическая подготовка производства объектов авиационной и ракетно-космической техники, включая другие методы и средства разработки и осуществления технологических процессов производства»;

- в области «Технологические процессы, специальное оборудование для изготовления деталей летательных аппаратов, включая технологию: изготовления деталей обработкой давлением (ковка, штамповка и др.)».

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность**

Достоверность выдвинутых автором научных положений и полученных в работе результатов подтверждается использованием известных апробированных

методик теоретических и экспериментальных исследований. В теоретической части приняты обоснованные и корректные предположения и допущения. Результаты теоретических и экспериментальных исследований показывают удовлетворительное совпадение. Достоверность результатов также подтверждена изготовлением используемых в серийном производстве элементов конструкций с улучшенными свойствами.

### **Теоретическая и практическая значимость**

В работе поставлен и решен ряд теоретических задач. Для подтверждения теоретических результатов выполнены экспериментальные исследования, а также проведена технологическая отработка изготовления деталей.

Теоретическая значимость заключается в дальнейшем развитии методик определения напряженно-деформированного состояния при деформировании трубчатых заготовок и основных технологических параметров процессов раздачи, а также в дальнейшем развитии теории предельного деформирования трубчатых заготовок.

Практическая значимость диссертационного исследования подтверждается тем, что в работе представлено обоснование запатентованного устройства для раздачи трубчатых заготовок с использованием внутреннего давления наполнителя, которое позволило улучшить качество, снизить затраты и сократить сроки технологической подготовки производства при освоении новых деталей.

### **Цель, структура работы и основные научные результаты**

Конечной целью работы являлось исследование и совершенствование процессов раздачи трубчатых заготовок для деталей летательных аппаратов с применением электротермического воздействия.

Объем диссертации составляет 116 страниц и содержит введение, три главы, заключение, список литературы из 95 наименований.

Во введении представлен анализ научно-технической литературы, посвященной вопросам изготовления элементов трубопроводных коммуникаций, обоснована актуальность темы диссертации и оценена степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи для ее достижения. Дана краткая характеристика

работы, включающая научную новизну, теоретическую и практическую значимость, основные положения, выносимые на защиту.

В главе 1 проведен сравнительный анализ современных способов изготовления элементов трубопроводных коммуникаций, исследовано поведение рабочих тел и наполнителей под нагрузкой, рассмотрено состояние вопроса по технологическому использованию электротермического воздействия на трубчатую заготовку. Проанализирована номенклатура элементов трубопроводных коммуникаций авиационной техники, определены детали, изготавливаемые раздачей. В качестве рабочих инструментов для раздачи трубчатых заготовок выбраны эластомеры, сыпучий термостойкий материал и стержень из льда.

Предложены способы интенсификации процесса раздачи трубчатых заготовок, заключающиеся в электроконтактном нагреве заготовки при пластическом формообразовании и введении подпора противодействия. Снижение растягивающих напряжений, происходящее при создании подпора противодействия, позволяет увеличить коэффициент раздачи.

Во второй главе исследуется распределение напряжений в сыпучем разномодульном упрочняющемся материале, позволяющее управлять нагружением трубчатой заготовки в процессе раздачи ее средней части. На основе полученных соотношений разработана методика расчёта давления сыпучей среды на заготовку в виде краевой задачи для нелинейного дифференциального уравнения относительно окружной деформации.

Исследованы предельные возможности при раздаче деталей из титановых сплавов при больших степенях деформации. Анализ влияния температурно-скоростных условий деформации на пластичность титановых сплавов показал, что рост скорости деформации уменьшает деформационное упрочнение и устойчивость деформации, а также снижает эффект нагрева.

В третьей главе показано освоение в производстве процессов деформирования трубчатых заготовок и определение качества изготавливаемых деталей, даны рекомендации по выбору перспективных методов электротермического воздействия на заготовку и проектированию технологической оснастки. Исследовались и оптимизировались параметры и методы процессов формообразования деталей из

тонкостенных трубчатых заготовок, в том числе конструкции и рабочие тела технологической оснастки, схемы электротермического воздействия, смазки, влияние формы трубчатых заготовок и т.д.

В процессе изготовления опытных образцов проводился анализ конструктивных форм деталей, выбор схем деформирования, определение степени формоизменения, определялись размеры и формы исходных заготовок, производилась оценка технологических возможностей процессов раздачи с применением электротермического воздействия и перспектив их применения для изготовления деталей, находящихся в особых условиях эксплуатации.

В заключении сформулированы основные выводы по диссертации.

### **Недостатки и замечания по диссертационной работе**

1. В работе недостаточно представлены рекомендации по выбору значений предложенных критериев (материальных констант) модели сыпучей среды для материалов, используемых в качестве рабочего тела при раздаче трубчатых заготовок с применением электротермического воздействия.

2. Недостатком предложенных критериев является то, что они никак не связаны с характеристиками используемых материалов. Из автореферата непонятна возможность использования предложенных критериев для различных типов сыпучих сред.

3. В разделе 2.2 приведён анализ литературных источников, более уместный в обзорной главе диссертации.

4. В работе мало уделено внимания сжимаемости гранулированных сред, непосредственно влияющей на величину рабочего хода силопривода, являющегося одним из главных параметров технологического процесса.

Отмеченные выше недостатки не препятствуют высокой оценке научной ценности и практической значимости полученных результатов и не влияют на положительное впечатление о диссертационной работе Пхью Вей Аунг в целом.

### **Заключение**

В диссертационной работе Пхью Вей Аунг на тему «Повышение эффективности технологического процесса раздачи трубчатых заготовок при изготовлении деталей

летательных аппаратов» разработаны и изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки, связанные с перспективным направлением изготовления раздечей осесимметричных деталей гидрогазовых систем летательных аппаратов.

Диссертация обладает логическим единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты.

Диссертация имеет прикладной характер и содержит сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов в виде разработанных технологических процессов и изготовленных опытных образцов деталей гидрогазовых систем летательных аппаратов. Изготовление деталей по новым технологиям позволяет за счёт увеличения возможностей процессов расширить номенклатуру штампуемых изделий и повысить качество продукции по сравнению с существующими технологиями.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в двух статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и двух статьях, включенных в базу цитирования Scopus, получены два патента на изобретения.

Автореферат удовлетворяет предъявляемым требованиям по оформлению и в полной мере раскрывает содержание диссертации.

В диссертации соискатель учёной степени корректно ссылается на авторов и источники заимствованных материалов и отдельных результатов. Также имеются указания о работах, выполненных в соавторстве.

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

На основании проведённого анализа считаю, что диссертационная работа Пхью Вей Аунг «Повышение эффективности технологического процесса раздечи трубчатых заготовок при изготовлении деталей летательных аппаратов» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему на высоком научном уровне, соответствует всем критериям, предъявляемым к

кандидатским диссертациям Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842.

Автор диссертационной работы Пхьо Вей Аунг заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Пхьо Вей Аунг и последующую их обработку.

Официальный оппонент - доктор технических наук по специальности 05.03.05– Технологии и машины обработки давлением, профессор, профессор кафедры «Производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет).

Подпись оппонента

Моисеев Виктор Кузьмич

Адрес организации:

443086, Россия, г. Самара,

ул. Московское шоссе, д. 34

Тел.: +7(846) 335-18-26

Факс: +7(846) 335-18-26

Телефон: +7(846) 267-43-70

Электронная почта: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru)

Веб-сайт: <https://ssau.ru/>

ряю.  
сти  
И.П.  
-г.