

ОТЗЫВ

официального оппонента по диссертационной работе Хейн Вин Зо «Повышение эффективности технологических процессов формообразования трубных заготовок при изготовлении деталей летательных аппаратов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

1. Актуальность темы

Важнейшей проблемой создания деталей летательных аппаратов является повышение ресурса и прочности конструкций при сохранении минимальной массы. Достижение данных показателей напрямую затрагивает производственную составляющую процесса, поскольку это связано с необходимостью повышать производительность труда и технологичность производственных процессов.

Особое внимание при этом уделяется изготовлению трубопроводных систем летательных аппаратов, так как они работают в условиях комплексной нагрузки, связанной с силовыми и температурными воздействиями. Практика показывает, что трубопроводы разрушаются в местах наибольших утонений, возникающих в связи с выбранной технологией изготовления в процессе обжима, раздачи либо изгиба. Кроме того, сам технологический процесс нередко сопровождается браком, связанным с повышенной волнистостью стенок, эллипсности, что приводит к потере устойчивости стенки трубы.

Особое требование предъявляется к материалам трубных конструкций по механическим свойствам. Трубопроводы авиационных конструкций изготавливаются из особых высокопрочных алюминиевых, стальных и титановых сплавов, которые достаточно сложно формовать при обычных способах холодной деформации.

Снизить брак, повысить качество готовых изделий, снизить утонение стенок можно при использовании принципиально новых, либо при интенсификации известных технологических процессов. Подобного рода интенсификация может быть связана с рациональным использованием сопутствующих факторов процесса: силовым и температурным воздействием. Правильное сочетание данных факторов, использование принципиально нового технологического оснащения позволяют получать детали трубопроводов летательных аппаратов с лучшими качественными характеристиками.

Таким образом, разработка новых и интенсификация известных способов формообразования трубных заготовок, а также повышение технологичности производственных процессов, направленных на повышение качественных характеристик готовых деталей является весьма актуальной проблемой.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Автором диссертационной работы были изучены и проанализированы результаты работ и достижения других авторов, которые занимались математической постановкой задач формообразования деталей ЛА из трубных заготовок, проводили численные решения задач, экспериментальные работы, создавали алгоритмы и рекомендации к использованию результатов работ на авиационных производствах.

На основе проведенного анализа автором были усовершенствованы теоретические и методологические основы решения задач формообразования деталей из трубных заготовок методами обжима и раздачи по жестким пуансоном, методами ротационного обжима и раздачи, формообразования с помощью эластичных и эластосыпучих тел. Был проведен комплекс экспериментов, доказывающих правильность выбранных теоретических и методологических положений.

Основные положения диссертации обоснованы проведенными экспериментами. Для подтверждения теоретических положений и эффективности рекомендаций автором было проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных, а также известных решений, полученных ранее другими авторами.

3. Научная новизна результатов исследований

Научная новизна проведенных исследований, в основном, заключается в следующем:

1. Представлена математическая модель формообразования деталей из трубных заготовок по жесткому пуансону с учетом рационального использования интенсифицирующих факторов процесса, а именно: сил трения, упрочнения материала трубной заготовки в процессе деформации, силовой и термической составляющих процесса;

2. Представлена математическая модель процесса формообразования деталей из трубных заготовок с использованием эластичных и эластосыпучих сред, выявлены предельные характеристики технологического процесса формообразования эластичными и сыпучими средами;

3. Представлена математическая модель для расчета параметров технологического процесса при раскатке и ротационном обжиме концевой участка трубы с учетом внеконтактных деформаций, сил контактного трения между подпором и заготовкой, изменения механических характеристик материала трубных заготовок в результате обработки в несколько переходов;

4. Впервые получены результаты комплексных экспериментальных исследований характеристик изделий трубопроводов ЛА из алюминиевых сплавов, нержавеющей стали, титановых сплавов с учетом различных видов нагружения, разработан комплекс рекомендаций по силовой и температурной интенсификации;

5. Приведены данные о предельно допустимых стадиях процессов формообразования деталей ЛА из трубных заготовок при различных способах деформирования на основе анализа микро-и макроструктурных данных.

4. Достоверность

Достоверность диссертационной работы основывается на использовании известных уравнений механики деформируемого твердого тела, использовании лицензионных программных продуктов конечно-элементного анализа напряженно-деформированного состояния конструкций, подтверждаемого экспериментальными и расчетными данными, удовлетворительной сходимостью теоретических, расчетных и экспериментальных данных

5. Практическая значимость

- разработан комплекс рекомендаций по проведению проектно-конструкторских работ с учетом обеспечения технологичности проектируемых деталей за счет выбора рациональных режимов проведения технологических процессов формообразования деталей гидрогазовых систем ЛА;

- разработаны методика расчета процессов формообразования деталей ЛА из трубных заготовок с учетом интенсифицирующих факторов, предложены новые конструкции технологической оснастки, новые способы формообразования концевых участков трубных заготовок;

- на основе проведенных экспериментов получены эмпирические выражения для расчета технологических параметров процесса обработки трубных заготовок с учетом влияния сил контактного трения, внеконтактных деформаций и внешних сил;

- разработан комплекс рекомендаций по силовой и температурной интенсификации процессов формообразования трубных заготовок, определены рациональные режимы проведения технологических процессов, предложены эффективные пути совершенствования процессов ротационного обжима и раздачи деталей ЛА из трубных заготовок;

- разработаны программные продукты автоматизированного расчета параметров технологического процесса ротационного обжима и раскатки, получены коэффициенты Муни-Ривлина для различных типов эластичной и эластосыпучей среды, приведены рекомендации по выбору формы конечного элемента при конечно-элементном моделировании процессов формообразования трубных заготовок;

6. Структура работы и основные научные результаты разделов

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов по работе, списка литературы, приложений. Объем диссертации

составляет 388 страниц. Список литературы содержит 214 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость, достоверность полученных результатов, приведена информация об апробации работы, внедрении основных результатов, отмечен личный вклад соискателя и приведена структура диссертации.

В первой главе рассмотрено современное состояние исследований в области формообразования ТЗ. Приведена классификация ТЗ. Проведен анализ существующих технологических процессов производства осесимметричных и асимметричных деталей методом обжима и раздачи. Рассмотрено оборудование и технологическое оснащение для обжима и раздачи трубных заготовок, проведен обзор средств моделирования. Рассмотрены основные пути интенсификации процесса обжима, поставлены задачи.

Во второй главе приведено построение математической модели процесса формообразования законцовок ТЗ. Приведена инженерная и математическая постановка задачи, разработан алгоритм решения уравнения. Разработана математическая модель технологических процессов ротационного обжима и раздачи, разработана математическая модель расчета контактных давлений при симметричной ротационной раскатке трубных заготовок. Разработана математическая модель поведения сыпучей гранулированной среды в процессе нагружения, разработан алгоритм расчета давления сыпучих наполнителей на стенки трубных заготовок.

В третьей главе исследованы процессы раздачи концов трубных заготовок при различных способах деформирования. Приведены приближенные решения по определению полей напряженно-деформированного состояния материала деталей ТЗ. Рассмотрены условия получения равнотолщинных деталей без потери устойчивости материала. Исследованы предельные возможности процесса деформирования. Были предложены методы оценки НДС в случае ротационной вытяжки и продольной прокатки

В четвертой главе проведена постановка задач экспериментальных исследований. Разработана теоретическая часть исследования процессов формообразования деталей ЛА из трубных заготовок различными способами. Получены качественные показатели деталей, получен анализ микроструктуры образцов и проведены прочностные испытания, показавшие повышение качественных показателей готовых изделий.

В пятой главе приведены рекомендации по проведению проектно-конструкторских работ с учетом обеспечения технологичности проектируемых деталей, рекомендации по выбору схем деформирования и проектирования технологической оснастки. Даны рекомендации по расчету процессов обжима и раздачи, а так же рекомендации для конечно-элементного моделирования.

В заключении были приведены общие выводы по работе.

Следует отметить, что каждая глава оканчивается разделом, в котором приводятся основные выводы и заключения, с указанием основных качественных и количественных достижений по рассматриваемым процессам и результатам.

7. Замечания

- в первой главе представлено достаточно подробное описание типовых элементов трубопроводов, а также способов их изготовления, в том числе законцовки со сферической раздачей, гибка с одновременным выталкиванием в фильеру и другие, которые в дальнейшем в диссертации не рассматриваются. Представляется, что было бы лучшим их не упоминать, а сосредоточиться на подробном описании рассматриваемых способов;

- во второй главе рассматривается математическое моделирование различных способов формообразования, при этом инженерная постановка задачи приведена только для способа раздачи по жесткой матрице, было бы вполне оправдано провести аналогичную постановку для всех способов формообразования;

- представленная в третьей главе математическая модель процесса формообразования концевых участков трубчатых заготовок с использованием метода ротационного обжима уместнее было бы отнести во вторую главу, где рассматривалось построение математических моделей для всех случаев формообразования трубных заготовок;

- четвертая глава представляется излишне подробной, занимая по содержанию почти 120 страниц текста, некоторые вводные установки по выбору материала, оборудования, смазки, нагрева и проведению экспериментов повторяются практически без изменений;

- в четвертой главе, по результатам визуально-оптического исследования поверхности было отмечено, что цвет поверхности менялся в зависимости от режима нагрева от светло-желтого и голубого до красного. Не понятно, на каком основании при этом сделаны выводы, что окисная пленка меняет толщину от 0,03 до 0,05 мкм в зависимости от изменения температуры нагрева в пределах 500 до 750 °С за относительно небольшое время (50 с.). Также не понятно, почему при исследовании содержания кислорода была необходимость разогрева до 3000 °С;

- в пятой главе в п.5.2.1. приведена схема сборно-разборного пуансона. Непонятно, каким образом происходит крепление элементов направляющих, формообразующих и калибрующих частей на хвостовике. Каким образом они воспринимают осевые усилия. Представляется, что необходимо привести более подробные рекомендации по сборке и разборке данного пуансона;

- пункты 5.2.2 и 5.2.3. можно было бы объединить в один пункт, поскольку речь идет практически об одном и том же изделии.

8. Заключение

Диссертация Хейн Вин Зо, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Основное содержание работы опубликовано в авторитетных научных изданиях, автореферат соответствует содержанию диссертации. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.07.02.

Диссертационная работа соответствует критериям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, в том числе п.9, поскольку в ней разработаны новые теоретические положения, касающиеся формообразования трубных заготовок, изложены научно-обоснованные алгоритмы решения задач формообразования трубных заготовок различными способами, разработаны рекомендации по изготовлению деталей авиационных конструкций сложных конструктивных форм с высокими требованиями к ресурсу и точности изготовления, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие авиастроения страны.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что Хейн Вин Зо заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Летательные аппараты» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»

А.Е. Михеев

Почтовый адрес: 660037, Российская Федерация, Красноярский край, город Красноярск, проспект имени газеты Красноярский рабочий, 31; а/я 1075
 Телефон сот.: +7-950-408-28-96
 Телефон раб.: +7-391-262-95-61
 E-mail: kafla@rol.ru

Подпись Михеева А.Е. заверяю
 Начальник УК

Е.С. Гамаев