

ОТЗЫВ

Официального оппонента Карпова Евгения Викторовича на диссертационную работу Мин Ко Хлайнг «Исследование процесса раздачи средней части трубчатой заготовки эластичной средой по жесткой матрице», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 – механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертации.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью совершенствования технологий штамповки а отечественных авиастроительных предприятиях с целью сокращения себестоимости, сбережения ресурсов и увеличения точности изготовления деталей, получаемых из листовых и трубчатых заготовок.

Анализ содержания диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Текст диссертации изложен на 114 страницах, включая список литературы из 194 наименований, 58 рисунков и 7 таблиц.

Во введении дано краткое обоснование актуальности выбранной темы исследования, показана степень ее разработанности, определена цель исследований и задачи, сформулирована научная новизна и ценность работы, показана ее практическая значимость, описана методология, сформулированы положения, выносимые на защиту, представлена структура диссертации.

В первой главе дано краткое описание современных технологий формообразования тонкостенных конструкций с пояснением используемой терминологии, дан обзор работ, посвященных технологиям листового и трубчатого формования и существующих подходов к моделированию соответствующих технологических процессов, в частности, методики расчета предельных деформаций при формовании тонких листов с помощью диаграмм предельного формоизменения.

Вторая, третья и четвертая главы диссертации содержат результаты исследований и их обсуждение.

Во второй главе приведена математическая модель решения обратных задач формообразования деталей в рамках теории малых деформаций с большими перемещениями и поворотами, где неупругое поведение материала описывается теорией течения. Описаны три решенные методом конечных элементов обратные задачи формообразования деталей из трубчатых заготовок путем прижатия к жесткой матрице однородным давлением или упругим рабочим телом.

Третья глава содержит описание проведенных экспериментальных исследований по раздаче средней части тонкостенных трубчатых заготовок из сплавов стали, титанового и алюминиевого сплавов разными рабочими телами. В ней также проведено определение механических свойств по

трехпараметрической модели Муни-Ривлина для материала резиноподобного рабочего тела по результатам испытаний на одноосное сжатие и дано сравнение результатов компьютерного моделирования с экспериментом по раздаче трубы резиноподобным наполнителем.

В четвертой главе изложены теоретические основы построения кривой предельного деформирования Хилла-Свифта на основе энергетического критерия и кривой предельного деформирования Сторена–Райса на основе геометрического критерия. На основе экспериментально полученных механических характеристик сплавов ОТ4-1 и Д16 построены их кривые предельного деформирования Хилла–Свифта и Сторена–Райса. На основе этих кривых проведен анализ критических величин коэффициентов раздачи и обнаружено влияние трения на контактных границах рабочее тело–заготовка и жесткая форма–заготовка на величину критического коэффициента раздачи.

В заключении сформулированы основные выводы, полученные в результате выполнения диссертационной работы.

Результаты исследований были доложены на трех всероссийских и двух международных конференциях. Основное содержание работы изложено в 13 публикациях, включая 2 статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК, 2 статьи в журналах, входящих в базу цитирования Scopus, 3 статьи в журналах, входящих в базу цитирования Web of Science, а также 1 патент РФ на изобретение.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней:

1. Сформулированы обратные задачи расчёта формы оснастки, обеспечивающей теоретический контур тонкостенной детали с учетом пружинения материала заготовки в виде вариационных формулировок с контактными ограничениями.
2. Установлены предельные технологические возможности формообразования при раздаче средней части тонкостенной трубчатой заготовки на примере титанового сплава ОТ4-1 с целью прогнозирования дефектов изготовления тонкостенных осесимметричных деталей.

Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии методов определения напряженно-деформированного состояния и основных технологических параметров процессов штамповки тонкостенных трубчатых заготовок.

Практическая ценность результатов заключается в развитии методик расчета предельных технологических возможностей и прогнозирования дефектов изготовления тонкостенных трубчатых деталей, а также численных методов определения формы оснастки, обеспечивающей заданную геометрию получаемой детали при данных физико-механических свойствах материала. Развитые методы позволят повысить качество разработки технологического процесса и сократить сроки технологической подготовки производства при внедрении новых деталей на промышленных предприятиях.

Замечания по диссертационной работе:

1. Заглавие раздела 1.4 «Вариационные методы определения формы оснастки для получения теоретического контура детали с учетом пружинения материала» не соответствует его содержанию. Этот раздел содержит лишь некоторые общеизвестные базовые понятия и уравнения механики деформируемого твердого тела и словесные формулировки трех известных вариационных принципов. Неясно, зачем разъясняются базовые вещи из учебников по МДТТ. По существу, этот раздел в диссертации является лишним, а обзор вариационных методов определения формы оснастки для получения теоретического контура детали с учетом пружинения материала, упомянутый в заключении к первой главе, отсутствует.

2. В конце пункта 1.5. сказано, что «...были предприняты значительные усилия для теоретического уточнения FLC и построения FLD-диаграмм», но никаких ссылок на эту тему не приведено.

3. В п. 3.1 из-за крайней лаконичности описания задачи внутренним давлением с подпором остается не вполне ясным принцип работы такого метода. Сказано, что пустое пространство в форме заполняется водой и она замораживается, но неясно, как вода попадает в это пустое пространство и куда потом исчезает лед в процессе формования. Кроме того, при замерзании вода в полости расширяется, что должно приводить к радиальному сжатию заготовки и изменению начальных условий формования. При формовании лед, по-видимому, тает и вода вытекает (хотя путей ее вытекания на схемах не видно). Насколько это таяние однородно по всей окружности заготовки? Не нарушается ли в процессе таяния льда и выхода воды осевая симметрия отпора? Насколько воспроизводимыми оказываются условия, при которых происходит формование?

4. В 3.2. говорится об экспериментах с трубчатыми заготовками из Д16, 12Х18Н10Т, ОТ4-1. Однако нет никаких данных о том, производились ли необходимые в таких случаях испытания для проверки воспроизводимости получаемых результатов. Без таких испытаний нельзя определить, вызваны ли различия результатов различиями условий нагружения или являются результатом экспериментального разброса. Так, разрушение алюминиевой заготовки при раздаче эластичным стержнем без подпора могло быть результатом дефекта заготовки или потери осевой симметрии в процессе формования, а не отсутствием подпора. В остальных случаях заметные отличия диаграмм нагрузка-перемещение сводятся к различию значений перемещения, при котором резко возрастает нагрузка, то есть происходит переход от одноосного сжатия рабочего тела к его всестороннему сжатию после контакта с заготовкой (т.е. собственно формование начинается после этого момента).

5. В 3.2. также сказано, что использование ледяных стержней в качестве рабочего тела позволяет увеличить коэффициент раздачи. Однако приведенные числа показывают, что разница полученных максимальных диаметров составляет всего около 0,25 % и нет данных о том, воспроизводится

ли хотя бы эта маленькая разница при повторении экспериментов. Таким образом, в совокупности с замечанием 4, из текста диссертации нельзя сделать достоверного вывода о том, что три рассмотренных способа формования дают заметную разницу результатов.

6. В первой главе отмечено: «Наибольшее число разрушений трубопроводов связано с утонением их стенок в местах изгиба и перехода от одного диаметра к другому. Значительно снижают работоспособность такие факторы, как чрезмерная эллипсность и волнистость стенок». Однако в экспериментах главы 3 оценка качества полученной детали сводится к наличию-отсутствию трещин и максимальному диаметру раздачи. Между тем, разрушенная при изготовлении деталь не представляет опасности в отличие от внешне целой, но имеющей внутренние критические недостатки. При оценке результатов таких экспериментов представляется необходимой оценка изменения толщины стенок полученных деталей по «меридиану» и по «экватору» сферического расширения трубки (при помощи ультразвука или разрезания детали в соответствующих направлениях).

7. В пункте 3.4 приведено сравнение графиков сила-перемещение для формования заготовки из ОТ4-1, полученных экспериментально и при проведении численного моделирования. Однако в 3.2 экспериментальные графики значительно отличаются от приведенного экспериментального графика в 3.4. Откуда взят график в 3.4?

8. Текст диссертации имеет определенные недостатки изложения материала. Нет четкого акцентирования: имеющаяся проблема, способ и результаты ее решения, сравнение с прежде существовавшими решениями (формовка трубчатых заготовок ведь существует достаточно давно). Из-за этого текст выглядит как отчет о проделанной работе, в котором размыта граница между известными теоретическими сведениями и собственными результатами автора.

Автореферат диссертации полностью соответствует ее содержанию.

Заключение.

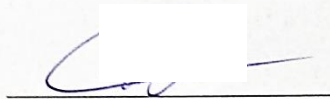
Диссертационная работа Мин Ко Хлайнг является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач определения формы жесткой матрицы, обеспечивающей при штамповке заданную геометрию тонкостенной детали с учетом пружинения материала и задач определения предельных технологических возможностей формообразования тонкостенных трубчатых заготовок. Решенные задачи имеют научную значимость для специальности 1.1.8 – механика деформируемого твердого тела и практическую значимость для совершенствования технологий штамповки тонкостенных конструкций. По содержанию, объему выполненных исследований, новизне, научной и практической значимости результатов, полученных в работе, считаю, что диссертационная работа Мин Ко Хлайнг отвечает требованиям п.п. 9 и 10 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.


Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук (01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела), член-корреспондент РАН, профессор РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории механики композитов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН)

Карпов Евгений Викторович



На обработку персональных данных согласен.

Подпись Е.В. Карпова  заверяю:

Ученый секретарь ИГиЛ СО РАН

к.ф.-м.н. Хе А.К.



17.11.2022

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес: 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-т ак. Лаврентьева, д. 15
e-mail: evkarpov@mail.ru, тел: +7(923)177-82-75

Дата подписания отзыва: 17 ноября 2022 г.