

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора Федерального

государственного бюджетного учреждения

науки Института машиноведения им. А.А.

Благонравова Российской академии наук

д.т.н.

Филиппов Г.С.

«08» мая 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Во Фан Тхань Дата

«Разработка и исследование технологического процесса получения осесимметричных изделий из составных заготовок алюминиевого сплава РС-356 и титана ВТ1-0 осадкой с кручением», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением (технические науки)

Актуальность диссертационной работы

В ряде отраслей промышленности (автомобилестроении, авиастроении и др.) широко применяются технологии получения составных заготовок (лазерная сварка, электронно-лучевая сварка, сварка трением с перемешиванием и др.). Для этих технологий характерны как преимущества, так и недостатки. Исследования показывают, что биметаллические изделия обладают повышенной стойкостью к высоким температурам и коррозии, например, составные изделия, состоящие из титана, обладающего низкой теплопроводностью и сплава с высокой устойчивостью к коррозии, такого как алюминиевые сплавы. Титан, обладая малой плотностью и высокой коррозионной стойкостью имеет низкую теплопроводность (21,9 Вт/м·К). Вместе с тем при необходимости получения составного изделия,

используемого в определенных экспериментальных условиях можно минимизировать указанные недостатки свойств титана путем плакирования материалами, обладающими высокой теплопроводностью и малой плотностью, например алюминием (с теплопроводностью 203,5 Вт/м·К), т.е. на порядок выше, чем у титана.

В настоящее время отсутствуют исследования по изготовлению составных изделий из несвариваемых материалов: алюминиевого сплава РС-356 и технического титана ВТ0-1 методом осадки с кручением (заготовка деформируется между бойками, вращающимися относительно друг друга, причем оси бойков совпадают с осью составной заготовки, а за счет сил трения передается крутящий момент, вызывающий ее скручиванием в пределах до 180°). Создание научно-обоснованного метода для разработки технологического процесса получения осесимметричных изделий из составных заготовок алюминиевого сплава РС-356 и титана ВТ1-0 с применением осадки с кручением и исследованиями энергосиловых параметров процесса и свойствами структуры материала является актуальным.

Структура, объем и содержание работы

Представленная автором диссертационная работа содержит 147 страниц, 83 рисунка и 10 таблиц. Список литературы включает 93 источника.

Во введении обоснована актуальность темы и состояние исследований в данной области, указаны цель, задачи и методы исследования, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость, указаны вклад автора и положения, выносимые на защиту, дана общая характеристика работы. Сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе проведен анализ методов изготовления заготовок с требуемыми свойствами технологическими приемами, как в нашей стране, так и за рубежом. Выполнен анализ технологий формообразования составных

изделий, на базе которого выбран метод, основанный на соединении заготовок осадкой кручением с углом вращения верхнего бойка не более 180 градусов.

Во второй главе приведены методы исследования на основе проведения экспериментов и математического моделирования, а также испытаний образцов из алюминиевого сплава РС-356 по схеме одноосного сжатия в холодном и горячем состояниях, осевая осадка вращающимся инструментом, инверсионный анализ полученных данных и другие.

В третьей главе приведены данные исследования свойств материала при комнатной и повышенных температурах, рассмотрено влияние температуры заготовок и инструмента на пластические характеристики алюминиевого сплава РС-356, получены реологические характеристики исследуемого материала в зависимости от его температуры, величины и скорости деформации.

В четвертой главе автором приводятся результаты проведенных испытаний на сжатие образцов РС-356 для построения кривых «напряжение текучести – деформация», определения энергосиловых и температурных параметров и изучения микроструктуры при их деформировании осадкой.

В заключении обобщены результаты, подведены общие итоги исследования и сделаны выводы, имеющие научное и практическое значение.

Текст диссертации составлен логично, материал изложен последовательно, структурирован, имеются приложения, дополняющие представленные результаты исследований. Поставленные цели соответствуют представленным выводам.

Научная новизна

Наиболее значимые результаты работы диссертанта, обладающие научной новизной, следующие:

1. Создан научно-обоснованный подход к разработке технологических процессов получения изделий из составных заготовок алюминиевого сплава PC-356 и титана BT1-0 с применением осадки с кручением при вращении бойка на малый угол с исследованием энергосиловых параметров и структуры материала.

2. Определены впервые реологические модели алюминиевого сплава PC-356 с применением зависимостей Хензелем–Шпиттелем с 9-ю и 5-ю коэффициентами методом осадки с кручением цилиндрических образцов для построения кривых «напряжение-деформация» с различными параметрами термомеханических режимов (температуры, скорости и величины деформации, а также угла поворота бойка). Подтверждено, что использование найденных коэффициентов в программе QForm 11.2.400.3 обеспечивает точность моделирования процессов обработки давлением не менее 10% в диапазоне температур 20-450°C для сплава PC-356 и 20-550°C для титана BT1-0 и скоростей деформации 0,001 сек⁻¹, 0,01 сек⁻¹, 0,4сек⁻¹.

3. Определены термомеханические параметры, обеспечивающие формообразование составных изделий из алюминиевого сплава PC-356 и титана BT1-0.

4. Разработан технологический процесс получения составных изделий из алюминиевого сплава PC-356 и титана BT1-0 с оценкой качества и прочностных характеристик на основе металлографических исследований.

Достоверность научных положений и выводов

Достоверность результатов исследований Во Фан Тхань Дата подтверждаются тем, что в работе использованы современные методы получения, обработки и анализа экспериментальных данных. Для получения реологической модели использован метод Хензеля-Шпиттеля, использован метод конечных элементов, реализованный программным комплексом QForm 11.2.400.3. Для металлографических исследований использована оптическая и электронная металлография.

Значимость результатов для науки и практики

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. На основе анализа результатов металлографических исследований составных изделий «до» и «после» осадки с кручением в зависимости от температурно-скоростных параметров разработаны научно-обоснованные режимы холодной и горячей деформации с кручением осесимметричных заготовок для получения составных изделий из алюминиевого сплава РС-356, что подтверждено результатами исследования микроструктуры и микротвердости.

2. Впервые получены составные изделия из алюминиевого сплава РС-356 и титана ВТ1-0, пригодные для последующей обработки методом горячей штамповки. Это обеспечивает возможность изготовления биметаллических изделий, в том числе деталей типа «диск биметаллический».

Практическое использование результатов диссертационной работы подтверждено соответствующими актами в приложении к диссертации.

Соответствие автореферата диссертационной работе

Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Апробация работы и публикации

По результатам работы опубликовано 12 печатных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых изданиях из перечня ВАК, 1 статья в журнале, включенном в международные наукометрические базы Scopus/Web of Science

Исследования автора по теме диссертации были апробированы более, чем на 5 научно-технических конференциях международного и всероссийского уровней.

Опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты работы рекомендуется использовать:

1. При изготовлении газотурбинных двигателей на предприятиях АО «Объединённая двигателестроительная компания».
2. В высших учебных заведениях при подготовке специалистов по направлению «Машины и технология обработки давлением».

Замечания по работе

1. В первой главе, посвященной литературному обзору, объем описания разновидностей и классификаций процессов без особого ущерба для работы можно бы было сократить. В то же время в этой главе следовало бы более подробно рассмотреть теоретические исследования, проведенные в области осадки с кручением.

2. К сожалению, автор работы ограничился исследованием одного материала PC-356 и не известно, насколько результаты исследования могут быть применены для других алюминиевых сплавов.

3. В работе недостаточно описаны результаты металлографических исследований в области соединения алюминиевого сплава PC-356 и титана BT1-0, подтверждающие получение требуемой структуры, которая обеспечивает повышение качества и прочности составного изделия.

4. Целесообразно в диссертационной работе дать оценку экономической эффективности разработанного технологического процесса получения составных изделий осадкой с кручением из алюминиевого сплава PC-356 и титана BT1-0.

5. Отсутствуют данные по прочностным характеристикам полученных составных изделий.

Заключение

Вышеуказанные замечания не снижают общей научной и практической значимости диссертационной работы. Диссертация Во Фан Тхань Дата является научно-квалификационной работой, в которой грамотно изложены научно обоснованные технологические решения, направленные на

изготовление биметаллических изделий из материалов с различными физическими характеристиками, применяемых в газотурбостроении.

Представленная диссертация соответствует области исследований по паспорту специальности 2.5.7. «Технологии и машины обработки давлением»: п.1 «Закономерности деформирования материалов и повышения их качества при различных термомеханических режимах, установление оптимальных режимов обработки».

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Во Фан Тхань Дат - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.7. «Технологии и машины обработки давлением».

Работа рассмотрена на заседании научно-технического совета отдела «Механика машин и управление машинами» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения имени А.А. Благонравова Российской академии наук.

Протокол № 2/25 от 08 июля 2025 г.

Заведующий лабораторией управления
технологическими процессами и системами

к.т.н.



Р.Ю. Сухоруков

Адрес: 101000, г. Москва, Малый Харитоньевский переулок, дом 4.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, тел.:
(495)624-98-00, E-mail: info@imash.ru

Подпись Р.Ю. Сухорукова заверяю

Заместитель начальника отдела кадров



С.И. Демидова