

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
Ученому секретарю диссертационного совета Д 212.125.10

к.т.н., доценту А.Р. Денискиной

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана
Баскакова Владимира Дмитриевича

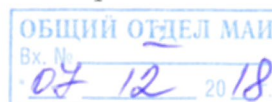
на диссертацию Курицына Дениса Николаевича «Разработка технологического обеспечения сварки трением с перемешиванием в производстве аэрокосмических конструкций», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Актуальность избранной темы, цель и решаемые задачи

Диссертация Курицына Дениса Николаевича выполнена на актуальную тему, связанную с совершенствованием процессов создания неразъемных соединений в конструкциях летательных аппаратов. Заявленная цель исследований – разработка научно-методического обеспечения для повышения эффективности и надежности технологического процесса сварки трением перемешиванием при производстве аэрокосмических конструкций для улучшения их эксплуатационных характеристик при сокращении затрат и производственного цикла.

Сварка трением перемешиванием (СТП) относится к видам сварки, осуществляемым с использованием механической энергии. Основным достоинством этой сварки является исключение фазовых превращений (плавление и кристаллизация) материала деталей. Неразъемное соединение образуется в твердой фазе в результате совместной пластической деформации свариваемых металлов.

Изготовление конструкций меньшей массы при сохранении их прочности и надежности весьма актуально в машиностроении, особенно в авиационной и ракетно-космической отраслях промышленности. В этой связи СТП представляется перспективной технологией, поскольку позволяет получать сварные швы рациональной геометрии с точки зрения снижения массы объекта производства при одновременном обеспечении высокого качества соединения. Вместе с тем, наряду с успехами данной технологии при сварке пластичных металлов, наблюдаются серьезные



проблемы, когда приходится соединять детали из специальных материалов, в том числе из высокопрочных алюминиевых сплавов, жаропрочных сталей, титановых сплавов, широко представленных в авиационной и ракетно-космической технике. Ключевой, не решенной пока проблемой, остается создание инструмента высокой стойкости, технологического оборудования и оснащения, обеспечивающего жесткость технологической системы и требуемую точность выпускаемой продукции. Необходимость методологических, конструкторских, технологических решений данных проблем для авиа- и ракетостроения обуславливает актуальность выбранного направления исследования и важность поставленных в диссертации научных задач.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация содержит теоретические и экспериментальные исследования, анализ полученных результатов и разработку рекомендаций по применению технологии СТП для выполнения неразъемных соединений различной геометрии при изготовлении элементов авиационных и ракетно-космических конструкций из плоских листов, пространственных профилей, труб, обечаек, коробчатых деталей. Общий объем диссертации составляет 177 страниц и включает введение, четыре главы, заключение, список литературы из 131 наименования.

Введение содержит обоснование актуальности темы, дает описание объекта и предмета исследований. Также во введении сформулированы цель и задачи исследований, дано описание теоретической и практической значимости выполненной работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, представлены сведения о личном вкладе соискателя, апробации и внедрения результатов исследований.

В главе 1 проведен обзор выполненных отечественных и зарубежных исследований в области сварки авиационных материалов. Проанализированы теоретические достижения и практический опыт создания конструкций авиационной и ракетно-космической техники зарубежными компаниями, отмечены достижения отечественных научных школ в области фрикционной сварки авиационных материалов. Выявлены имеющиеся технологические ограничения и область актуальных нерешенных конструкторских, технологических и производственных проблем.

Глава 2 содержит результаты теоретического и экспериментального исследования особенностей протекания процесса СТП, его моделирования, разработки методики назначения технологических режимов и условий проведения сварки. Обоснованы условия реализации высокоскоростной обработки, позволяющие значительно снизить механические нагрузки на технологическую систему «станок – приспособление – инструмент – деталь». Экспериментальные исследования с вариацией параметров вращательного, поступательного движения и сил давления позволили автору

определить рациональные режимы сварки трением с обеспечением качественного шва. Достигнутые при этом характеристики качества шва, такие как прочность, микротвердость, распределение остаточных напряжений, подтверждены результатами испытаний.

В главе 3 представлены результаты разработки методики проектирования конструкции рабочей части инструмента для СТП на основе численного моделирования вязкопластического течения материала в зоне обработки. Предложена технологическая схема изготовления высокотвердого инструмента сложной пространственной формы методом электроэрозионного фрезерования. Приведены результаты исследования стойкости инструмента при СТП жаропрочных материалов.

Глава 4 содержит технологические схемы и проекты специального технологического оборудования и оснащения как для экспериментальной отработки СТП, так и для ее производственного применения при изготовлении сложных пространственных конструкций.

В заключении приведены основные результаты исследований, выполненных в диссертации.

В работе автором последовательно изложены теоретические и экспериментальные результаты исследования, а также представлены опытно-конструкторские разработки. Текст диссертации сопровождается иллюстрациями, графическими зависимостями, табличными данными. Материал диссертации дает необходимую информацию для эффективного использования полученных результатов в машиностроении. Диссертационная работа корректно использует научно-техническую терминологию и оформлена в соответствии с общепринятыми нормами и правилами.

Автореферат диссертации Курицына Д.Н. в полной мере отражает содержание диссертации и удовлетворяет требованиям по оформлению.

Тематика диссертации Курицына Д.Н., ее содержание и основные полученные в ней результаты соответствуют требованиям паспорта научной специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Диссертация соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842. В диссертации отмечено использование результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени (лично и в соавторстве), имеются необходимые ссылки на источники заимствования материалов.

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

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке комплексного научно-методического обеспечения для повышения эффективности и надежности технологического процесса сварки трением с перемешиванием в производстве авиационных и ракетно-космических конструкций. В рамках комплексной методики исследований автором установлены взаимосвязи процесса сварки трением с перемешиванием с основными технологическими ограничениями в производстве аэрокосмических конструкций, позволяющие на стадии подготовки производства назначать технологические режимы сварки и проектировать сварочный инструмент. В основу методики положены модели снижения сил, действующих на рабочий инструмент и заготовку, приемы сваривания высокопрочных материалов с относительно высокой температурой пластификации.

Методика создания параметрических геометрических моделей рабочих частей инструмента при различных конструкторско-технологических ограничениях и требованиях учитывает результаты численного моделирования вязкопластического течения материала в зоне сварки, функции основных конструктивных элементов инструмента при сварке трением с перемешиванием. Полученные новые конструкции сложнопрофильного инструмента для сварки трением с перемешиванием запатентованы, прошли ресурсные испытания и производственную апробацию. Отработана технология изготовления инструмента методом электроэрозионного фрезерования.

Закономерности и модели термомеханического баланса в зоне сварки позволили автору прогнозировать технологические возможности высокоскоростной сварки трением, предложить технологические схемы и проекты специального оборудования и средств технологического оснащения высокоскоростной обработки.

Предложения и допущения, использованные в диссертации при разработке моделей и методик, представляются в достаточной степени обоснованными и непротиворечивыми, основанными на принятых в теории обработки металлов давлением подходах к решению задач пластического деформирования, течения вязкопластических сред. Разработанные автором методики и модели являются достоверными и обладают признаками научной новизны. Достоверность полученных результатов подтверждается многочисленными экспериментами, диагностикой и испытаниями образцов сварных швов. Внедрение результатов исследований в производственные процессы предприятий в виде технологических рекомендаций, нового оборудования и нового инструмента также подтверждает достоверность, работоспособность методик, моделей и объектов – результатов научной деятельности.

Сформулированные в диссертационной работе теоретические положения и результаты прошли апробацию на многочисленных конференциях, в том числе на профильных профессиональных площадках: «Гагаринские чтения» (2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014 гг. МАТИ, г. Москва, 2016, 2017 гг. МАИ, г. Москва), «Новые материалы и технологии» (2012 г., МАТИ, г. Москва), «ИНЖИНИРИНГ ТЕХНО-2014» (СГТУ имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов), «Проблемы и перспективы развития авиации и авиастроения России» (2013 г., УГАТУ, г. Уфа), «Технологии сварки плавлением новых конструкционных материалов» (2014 г., ВИАМ, г. Москва), «Космодром «Восточный» и перспективы развития российской космонавтики» (2015 г., АмГУ, Амурская область, г. Благовещенск / ЗАТО Углегорск); XXI Научно-технической конференции молодых ученых и специалистов (2017 г., РКК «Энергия» имени С.П. Королёва, г. Королёв) и др. Опытные конструкторские разработки экспонировались на Международных выставках «МЕТАЛЛООБРАБОТКА» (2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 гг., ЭКСПОЦЕНТР, г. Москва), «ТЕХНОФОРУМ» (2014, 2016, 2017 гг., ЭКСПО-ЦЕНТР, г. Москва). Персональная оценка личного вклада автора диссертации Курицына Д.Н. отмечена медалью Федерации Космонавтики России, благодарностью Госкорпорации «РОСТЕХ», дипломом РКК «ЭНЕРГИЯ» имени С.П. Королёва.

Основное содержание работы и ее результатов опубликовано в 37 работах, в том числе в 6 журналах, входящих в перечень рекомендованных изданий ВАК РФ. При проведении исследований по теме диссертации Курицыным Д.Н. в соавторстве получен патент РФ на изобретение. Разработанные автором теоретические и практические результаты использованы в производстве в виде технологических рекомендаций, специального инструмента, оснащения, установки. Научные результаты используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Двигатели летательных аппаратов» и включены в учебное пособие, изданное автором.

Основные научные и практические результаты, полученные автором при подготовке диссертации

Основные научные результаты диссертации заключаются в следующем.

1. Установлены закономерности и предложены модели теплового баланса в зоне сварки, позволяющие прогнозировать технологические возможности высокоскоростной сварки трением перемешиванием, которая обеспечивает получение качественного соединения при меньших нагрузках на конструкцию оборудования.

2. Предложена методика выбора технологических режимов и условий сварки трением с перемешиванием, позволяющая получать неразъемные соединения из алюминиевых и титановых сплавов, жаропрочных сталей с достижением улучшенных эксплуатационных характеристик при сокращении затрат и производственного цикла.
3. Разработана методика создания параметрических моделей сварочного инструмента, учитывающая результаты моделирования вязкопластического течения материала в зоне сварки и обеспечивающая получение конструкций инструмента повышенной стойкости.

Наиболее значимыми для практики, являются следующие результаты:

1. Разработаны опытные установки высокоскоростной перемешивающей сварки трением, позволяющие получить качественное соединение при меньших нагрузках на конструкцию оборудования и зону сваривания, что позволяет использовать для реализации СТП обычные металлорежущие станки и промышленные роботы.
2. Получены и изготовлены новые конструкции сложнопрофильного инструмента для сварки трением с перемешиванием, отработана технология его изготовления методом электроэрозионного фрезерования профиля, образованного сочетанием винтовых канавок различного шага, глубины и диаметра.
3. Разработаны технологические схемы и оснащение для соединения пространственных конструкций: длинномерных, круговых, трубчатых, коробчатых, сложной формы; выполнены образцы узлов и деталей авиационной техники – корпуса, обечайки, валы.

Решения, предложенные в диссертационной работе, имеют практическую значимость для отечественного авиа- и ракетостроения в части:

- снижения массы конструкций при сохранении прочности и надежности за счет применения нового метода соединения;
- повышения энергоэффективности производства;
- импортозамещения высокотехнологического оборудования и оснащения;
- создания промышленного оборудования и инструмента, не имеющего аналога за рубежом;
- возможности трансфера технологий в другие отрасли промышленности – судостроение, автомобилестроение, энергетическое машиностроение и др.

Замечания по диссертационной работе

1. При описании экспериментальных исследований по оценке влияния технологических режимов на качество шва в диссертации желательно было бы привести

сведения о планировании факторного эксперимента и варьировании режимов и условий сварки: скорости вращения, подачи, силы прижима, угла наклона инструмента.

2. При экспериментальной оценке функциональных характеристик сварного шва учтены не все возможные условия эксплуатации, характерные для многих изделий авиационной и ракетно-космической техники, например, знакопеременность и цикличность нагрузок, экстремально низкие и экстремально высокие температуры, агрессивность окружающей среды и т.д.

3. В диссертации отсутствует сопоставление результатов численного моделирования перемешивающей сварки трением в Cosmos FloWoks с экспериментальными данными.

4. В подрисуночных подписях автореферата и диссертации не везде присутствует исчерпывающая информация об условиях проведения экспериментальных исследований.

5. В тексте диссертации иногда встречаются некорректные словосочетания типа «методика технологии», «конструкции элементов ... летательных аппаратов», «оптимальной формой ... является сложная геометрия». Некорректным представляется также использование автором для характеристики полученных им результатов исследований терминологии типа «оптимальные технологические режимы», «оптимальная форма», поскольку в диссертации не решались оптимизационные задачи.

Указанные замечания не влияют существенным образом на общую положительную оценку диссертации и не затрагивают научной и практической значимости результатов работы Курицына Д.Н.

Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Курицына Дениса Николаевича. «Разработка технологического обеспечения сварки трением с перемешиванием в производстве аэрокосмических конструкций» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и на достаточно высоком научном уровне. В диссертационной работе решена актуальна для производства летательных аппаратов задача обоснования конструкции инструмента для сварки трением с перемешиванием, режимов и условий его работы при выполнении соединений узлов и деталей сложной формы, изготовленных из высокопрочных сплавов.

Автор диссертации является квалифицированным специалистом, обладающим большим практическим опытом в области технологии производства авиационной и ракетно-космической техники, способным решать сложные научно-исследовательские задачи.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842. В диссертации изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки, в том числе защищенные патентом РФ на изобретение. Использование полученных в диссертации результатов в производстве имеет существенное значение для развития ракетно-космической отрасли России, авиастроения, смежных отраслей машиностроения, поскольку в диссертационной работе изложены новые научно-обоснованные технологические решения, прошедшие лабораторную и опытную производственную апробацию, пригодные для серийного производства пространственных конструкций аэрокосмической техники.

Автор диссертационной работы – Курицын Денис Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»



Баскаков Владимир
Дмитриевич

Контактная информация:
адрес: 105005, г. Москва,
ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1
тел. 8-499-263-63-36

Подпись официального оппонента – доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана *Баскакова Владимира Дмитриевича* удостоверяю

(должность)



(подпись)

А. Г. МАТВЕЕВ

ЗАМ. НАЧ. УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

(Ф.И.О.)

ТЕЛ. 8499-263-67-69