



Акционерное общество
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
[АО «НПО Лавочкина»]

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402, ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566
тел.: +7 (495) 573-56-75, факс: +7 (495) 573-35-95, e-mail: npol@laspace.ru, www.laspace.ru

Экз. №__

Ученому секретарю
диссертационного совета
24.2.316.02
при ФГБОУ ВО «КНАГУ»,
к.ф.-м.н. Д.А. Потянихину
681013, Хабаровский край,
г. Комсомольск-на-Амуре,
пр-т Ленина, 27, к. 3, ауд. 201

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бахматова Павла Вячеславовича
«Научное обоснование технологических процессов, повышающих
качество изготовления авиационных тонкостенных титановых
конструкций», представленной на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 2.5.13– «Проектирование,
конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных
аппаратов».

Тема диссертации актуальна и обусловлена повышением
эффективности технологических процессов изготовления тонкостенных
титановых конструкций путем исключения пористости в металле шва с
обеспечением размерной точности и равнопрочности конструкции.

В авиастроении нашли широкое применение титановые сплавы, сочетающие уникальные физические (высокие удельная прочность, коррозионная стойкость и жаропрочность) и технологические свойства (хорошие литейные свойства в вакууме или в атмосфере инертных газов, удовлетворительные свариваемость и штампуемость). В частности, посредством автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом получают сварные тонколистовые конструкции сложной пространственной формы для хвостовой части фюзеляжа, несущей части топливного бака, воздухозаборника. Однако, при этом в металле сварного шва образуются поры, превышающие допустимые нормы, и требующие выполнение трудоемких ремонтных операций (локализация рентгенографическим исследованием, разделка шарошкой, аргонодуговую наплавку, рентгенографическое исследование качества наплавки). Данные поры могут приводить к образованию трещин как при изготовлении, так и к усталостному разрушению при эксплуатации. Кроме того, вследствие низкой теплопроводности титановых сплавов термомодеформационный цикл аргонодуговой сварки авиационных тонкостенных конструкций часто приводит к значительным остаточным напряжениям и короблению. Поэтому, для решения проблемы получения беспористого сварного соединения автором были разработаны варианты технологических процессов подготовки кромок под сварку, а для снятия внутренних напряжений и снижения коробления предложены варианты послесварочной обработки (холодная пластическая деформация с последующей либо горячей деформацией, либо термообработкой с обеспечением скоростного нагрева и охлаждения).

П.В. Бахматов вполне оправданно для достижения главной цели и решения поставленных задач применял аналитические (теории сварочных процессов) и экспериментальные (спектральный химический анализ, рентгеновская дифрактография, рентгенография, электронный и

оптический микроструктурный анализ, статические и динамические испытания) методы исследований с применением математического анализа и моделирования. Примененные методы исследований и полученные результаты не вызывают сомнений.

Во-первых, автором, на основе проведенного литературного анализа были установлены несовершенство подхода к проблеме порообразования в сварных швах титановых конструкций в отраслевой нормативной документации в части назначения раскройных операций, а также отмечено возникновение повышенных остаточных сварочных напряжений, способствующих короблению деталей и образованию холодных трещин в имеющемся сборочно-сварочном технологическом процессе.

Далее П.В. Бахматов исследовал влияние разделительных операций и параметров технологических процессов образования сварных швов ребристых панелей на пористость сварных соединений, а также на образование холодных трещин. Автор развил гипотезу Редчица В.В. и Никифорова Г.Д. о первостепенном влиянии влаги, находящейся в объеме дефектов торцовой поверхности, на процесс порообразования при сварке титановых сплавов. Исследование проводилось с применением разработанной авторской методики оценки количества и вида адсорбированной влаги по спектральному анализу содержания водорода на поверхности. На основе проведенного сравнительного анализа раскройно-подготовительных операций по дефектности и содержанию водорода в поверхностном слое автор показал преимущества заготовительных операций с применением лазерного луча и электронного луча.

Далее автором было проведена комплексный анализ уровня дефектности металла шва и насыщенности поверхности капиллярно-конденсированными загрязнениями для различных сочетаний раскройных и подготовительных операций.

Также П.В. Бахматов оптимизировал параметры режима аргонодуговой сварки сплава ВТ20 по критериям длины расплавленной ванны, времени пребывания металла в расплавленном состоянии и мгновенной скорости охлаждения в околошовной зоне. Автор добился улучшения дегазации сварочной ванны и приближения механических свойств металла шва к свойствам основного металла.

Также автор провел анализ методов снятия сварочных напряжений и предложил термическую обработку сварной конструкции из титанового сплава ВТ20 в заневоленном состоянии и режимы ее выполнения, обеспечивающие сохранение оксидной пленки, прокатку стыковых сварных швов на роликовой машине ЛРС-10, а также их комбинацию.

Далее, П.В. Бахматов провел исследования влияния различных технологических операций изготовления ребристых титановых панелей на усталостную прочность. Была установлена зависимость усталостной прочности от количества пор и характера их расположения (смешанное или подповерхностное), а также от режимов отжига. Изменение усталостной прочности образцов основного металла и сварного шва из сплава ВТ20 в зависимости от вида раскроя, подготовки под сварку и после сварки. Автор установил, что конструкции, изготовленные при применении эффективных режимов газолазерного раскроя заготовок в среде азота и последующей термической обработке, по виброненадежности превосходят конструкции, изготовленные по традиционной технологии.

Таким образом, П.В. Бахматов в предложенной технологии, включающей газолазерный раскрой заготовок в среде технического азота, аргонодуговую сварку, выполняемую на оптимальных параметрах режима, термическую обработку, обеспечивающую сохранение оксидной пленки, а, в случае стыковых швов, дополнительную прокатку сварных швов на роликовой машине, обеспечил бездефектное и малодефектное изготовления деталей авиационных титановых конструкций летательных

аппаратов с применением в части пористости, остаточных напряжений и деформаций.

По автореферату можно сделать вывод о том, что диссертационная работа является завершенной, цель достигнута, поставленные задачи решены. Полученные результаты удовлетворяют всем признакам научной новизны, доведены до практического использования и прошли апробацию на практике (филиал ПАО «ОАК» «КнААЗ им. Ю.А. Гагарина») и конференциях. По теме диссертации автор имеет 41 опубликованную работу, в том числе 2 монографии, 2 патента, 13 научных статей в журналах, рекомендованных ВАК.

В качестве недостатков к работе можно отметить следующие:

1. При выборе методов изменения напряженно-деформированного состояния сварной конструкции автор ограничился прокаткой роликами и отжигом, исключив из рассмотрения ультразвуковую ударную обработку, обработку дробью, вибрационную обработку, нагружение (или растяжение) конструкции, которые могли привести к дополнительному экономическому эффекту, сокращению цикла изготовления и т.д. Однако, задача достижения требуемого нормативной документацией уровня послесварочных деформаций была автором достигнута.

2. Для контроля напряженного состояния после прокатки рентгенодифрактометрический метод, измеряющий напряжения в малом поверхностном слое, желательно было дополнить механическим (тензометрия с предварительной установкой датчиков или засверливание отверстий с спекл-интерферометрией), измеряющим напряжений по глубине интегрально. В то же время, автором получены количественные значения напряжений, позволяющие провести сравнение технологических вариантов изготовления.

Данные замечания не снижают общую ценность выполненных работ.

Судя по автореферату, диссертационная работа «Научное обоснование технологических процессов, повышающих качество изготовления авиационных тонкостенных титановых конструкций», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.13 – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов», соответствует критериям, изложенным в пунктах 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Бахматов Павел Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по названной специальности.

Главный научный сотрудник

«АО «НПО Лавочкина»,

д.т.н., профессор

Ефанов В.В.

Ефанов Владимир Владимирович (специальность 2.5.13 «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов») тел. 8 (495) 573-23-61, e-mail: EfanovVV@laspace.ru Адрес: 125057, г. Москва, Ленинградский пр-т, д.71, кв.97

Ведущий инженер-технолог

«АО «НПО Лавочкина», к.т.н.

Стрельников И.В.

Стрельников Илья Владимирович (специальность 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии»), т. моб. 89040228714, e-mail: StrelnikovIV@laspace.ru Адрес: 170043, г. Тверь, ул. Можайского, д.56, кв.80

Подпись главного научного сотрудника Ефанова В.В. и ведущего инженера-технолога Стрельникова И.В. удостоверяю,

Заместитель генерального директора

по персоналу и общим вопросам

И.В. Шолохова

