

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Хайбрахманова Радика Ульфатовича «Снижение деформаций стальных тонкостенных конструкций при дуговой сварке на основе моделирования напряжений и деформаций», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии

Актуальность темы диссертационной работы. Диссертация Р. У. Хайбрахманова посвящена вопросам повышения качества сварных деталей с использованием современных методов компьютерного моделирования технологических процессов сварки. Акцент в работе сделан на деталях, выполненных из тонкого стального листа. Повышенные требования по долговечности и надежности предъявляются к таким деталям в энергетической, авиационной и судостроительной промышленности. Эксплуатационные проблемы возникают из-за поверхностных дефектов, которые вызваны локальной потерей устойчивости. Области локальной деформации формируются из-за неравномерного нагрева при сварке. Соответственно, расплавленный металл неравномерно распределен по высоте сечения сварного шва, что приводит к появлению остаточных напряжений и снижению жесткости детали. Проблема снижения деформаций тонколистовых конструкций, выполненных способами дуговой сварки, а также повышения их жесткости является актуальной.

Одним из эффективных путей решения обозначенной проблемы является компьютерная симуляция на этапе технологической подготовки. Применение и совершенствование современных методов компьютерного моделирования и расчетного обоснования технологических процессов сварки также является актуальным направлением развития машиностроительной отрасли. На компьютерной модели наиболее оптимальным образом можно выявить рациональные участки для закрепления детали при сварке и усилия закрепления. Рациональное закрепление, запланированное на предпроизводственном этапе, будет способствовать снижению остаточных деформаций до допустимого уровня.

Структура и основное содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа изложена на 142 страницах, состоит из введения, 4 глав и заключения, содержит приложение с актом внедрения результатов научно-исследовательской работы. Список литературы включает 160 российских и зарубежных источников по теме исследования.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту, даны сведения об апробации результатов работы, описан личный вклад соискателя.

Первая глава представляет аналитический обзор научно-технической литературы по теме диссертационной работы. В обзоре рассмотрены вопросы дуговой сварки тонколистовых конструкций из высокопрочных сталей и проблематика, связанная с влиянием ряда факторов на качество сварных деталей. Отмечено влияние напряжений и термического цикла сварки, проанализированы сварочные приспособления и методы моделирования напряженно-деформированного состояния в сварных конструкциях.

Вторая глава посвящена обоснованию компьютерной модели напряженно-деформированного состояния тонколистовых конструкций. В модели учитываются тепловые процессы и фазовые превращения, условия формирования напряжений и упругопластических деформаций, теплофизические и механические свойства материала. При компьютерном моделировании рассчитывается нестационарное температурное поле, а также соответствующие деформации и напряжения в зоне сварки. Фазовый состав высокопрочной стали определяется по уравнению Аврами с учетом диаграммы распада аустенита при непрерывном охлаждении. Рассматривается влияние условий закрепления сварной детали на ее напряженно-деформированное состояние.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований, в которых выявлено влияние условий закрепления на деформацию детали. Выполнено измерение механических свойств на образцах в условиях статического растяжения и изгиба. Разработана и реализована методика проведения эксперимента по определению рациональных участков и усилий закрепления деталей при сварке. Проведена оценка качества сварного соединения на основе анализа результатов механических испытаний, радиографического контроля и металлографических исследований сварных образцов. Показано, что применение адаптивного закрепления позволяет снизить деформации в

детали, при этом обеспечиваются необходимые механические свойства сварного соединения.

Четвертая глава содержит описание разработанной методики проектирования сварочного приспособления. Данная методика внедрена в промышленное производство на ПАО «МЗиК» (г. Екатеринбург). На основании разработанной методики спроектировано сборочно-сварочное приспособление с адаптивным закреплением. Приспособление обеспечивает необходимую точность геометрии детали (обечайки) и механические свойства сварного соединения. Важным результатом является снижение трудоемкости изготовления за счёт исключения из технологического цикла операции термической калибровки.

В заключении обобщены основные результаты и сделаны выводы, которые подтверждают выполнение поставленных задач диссертационного исследования.

Приложение содержит акт о внедрении результатов исследований на предприятии ПАО «МЗиК».

Практическая значимость работы подтверждается внедрением результатов опытно-конструкторской разработки на производстве. Эффективность и значимость практической разработки определяется тем, что результаты исследований применительно к тонколистовым деталям из высокопрочных сталей позволили рекомендовать адаптивное закрепление в сборочно-сварочном приспособлении, и применение предложенного способа приводит к снижению трудоемкости изготовления сварных деталей. Разработана методика выявления рациональных участков и усилий закрепления заготовок при сварке тонколистовых конструкций, что также имеет практическое применение.

Достоверность результатов исследований и обоснованность выводов диссертационной работы обусловлены большим объемом вычислительных и натурных экспериментов с использованием корректных методов обработки данных, а также подтверждаются повторяемостью результатов экспериментальных исследований. В работе использовано современное сертифицированное исследовательское оборудование. Результаты работы не противоречат общепринятым мировым представлениям о предмете исследования.

Результаты работы обсуждались на российских и международных конференциях. По результатам диссертационной работы опубликовано 12 научных работ, из них 5 статей – в рецензируемых научных изданиях из

перечня ВАК РФ, в том числе 2 статьи проиндексированы в базах данных Scopus и WoS; зарегистрирована программа для ЭВМ «Clamp».

Научная новизна исследования диссертационной работы обусловлена оригинальными положениями и результатами, которые заключаются в том, что обоснована компьютерная и физическая модель напряженно-деформированного состояния в зоне сварного соединения тонколистовых конструкций, учитывающая напряжения при фазовых превращениях и термические напряжения в процессе дуговой сварки.

Замечания по диссертации

1. На рисунке 2.9 приведена блок-схема алгоритма, по которому программа Vazis выполняет вычисления. На схеме не уточнены входные и выходные данные. В тексте нет подробного объяснения условий проверки напряжений σ_T и температурных приращений (градиентов) dT_{max} .

2. В компьютерной модели недостаточно обоснована дискретизация конечно-элементной сетки в расчетной области.

3. Что касается физической модели технологического процесса сварки, на странице 47 приведены данные о точности расчета температурных полей и тепловых деформаций в зависимости от модели источника нагрева, но не обоснован выбор сферической модели для дальнейших расчетов. Из таблицы 1.1 следует, что модель двойного эллипсоида Голдака и двойная эллипсоидно-коническая модель точнее. Какие параметры учитываются в разработанной физической модели при описании геометрии сварочной ванны?

4. В тексте имеются стилистические неточности, неверно расставлены запятые. Например, на странице 55: «При достижении предела прочности ($\sigma_{вн. \text{напр.}} \geq \sigma_{в}$) в рассмотренных зонах, образуются трещины.»

Высказанные замечания не влияют на положительную оценку диссертации по существу, в работе решены актуальные задачи и получены результаты, имеющие существенный уровень практической значимости. Полученные результаты важны для дальнейшего развития методов компьютерного моделирования технологических процессов сварки и способов повышения качества тонколистовых сварных деталей из высокопрочных сталей.


Заключение по диссертации

Диссертационная работа Хайбрахманова Радика Ульфатовича выполнена в соответствии с паспортом специальности 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии; является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором на актуальную тему.

Диссертация и автореферат соответствуют критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» для диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук; соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ; ее автор Хайбрахманов Радик Ульфатович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент
профессор кафедры электронного
машиностроения Института новых
материалов и технологий Федерального
государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина»


Огородникова
Ольга Михайловна
08.06.2023

Почтовый адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Телефон: 8-800-100-50-44

Адрес электронной почты: Olga.Ogorodnikova@urfu.ru

Подпись официального оппонента О. М. Огородниковой заверяю:

Учёный секретарь УрФУ




В. А. Морозова