



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке
ФГАОУ ВО «ПНИПУ»
Швейкин А.И.

«20» 09 2022 г.

Отзыв ведущей организации
на диссертационную работу Бочаровой Олеси Андреевны
«Автоматизированная система управления процессом индукционной пайки»
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Бочаровой О.А. посвящена автоматизации процесса индукционной пайки. Индукционная пайка является эффективным методом соединения широкого диапазона металлов, причем индукционная пайка идеально подходит для соединения металлов с разной температурой плавления. Кроме этого индукционная пайка обеспечивает высокую скорость и локальность нагрева, обеспечивает бесконтактное воздействие на спаиваемые детали, а также дает возможность гибкого управления режимом нагрева.

Индукционная пайка получила применение в таких отраслях машиностроения, как авиационная, ракетостроение, судостроение, где требуется высокая надежность соединения и невозможно применить другой тип соединения ввиду ограниченного пространства. Часто индукционную пайку применяют для соединения трубопроводов из различных материалов, особенно при пайке концевых соединений труб. Применяется индукционная пайка и для соединения волноводных трактов космических аппаратов.

Процесс индукционной пайки волноводных трактов и трубопроводов усложняется наличием ряда внешних факторов, среди которых низкая степень повторяемости неавтоматизированного, ручного процесса пайки, сложность, а порой и невозможность, визуального контроля нагрева деталей, искажение электромагнитного поля индуктора, вследствие взаимодействия его с различными проводящими телами, находящимися вблизи зоны пайки, влияние человеческого фактора. Совокупность этих и других факторов приводит к появлению бракованных соединений. Поэтому для снижения влияния указанных особенностей индукционной пайки и повышения качества паяных соединений ответственных деталей необходимо автоматизировать процесс управления индукционной пайки.

Таким образом, актуальность задачи автоматизации процесса индукционной пайки, решаемая в диссертационной работе, не вызывает сомнений.

Научная новизна

Научная новизна результатов, полученных автором, состоит в следующем.

1. Разработана новая математическая модель индукционного нагрева элементов волноводной сборки из фланцев и трубопроводов, учитывающая конструкцию и размеры волноводов и трубопроводов, физические параметры материалов, начальные и граничные условия процесса, а также неравномерное распределение плотности вихревого тока в системе, позволяющая более точно рассчитывать и имитировать технологические параметры процесса индукционной пайки для повышения качества паяных соединений.

2. Предложены новые алгоритмы управления скоростью нагрева и положением детали относительно индуктора, позволяющие эффективно перераспределять энергию индукционного нагрева в системе «индуктор – деталь», отличающиеся от известных тем, что в процессе достижения необходимой температуры деталей и получения паяного соединения управление

производится одновременно изменением мощности генератора и положения деталей относительно индуктора.

3. Разработана новая модель двухконтурной автоматизированной системы управления процессом индукционной пайки, основанная на применении пирометрического контроля температуры элементов паяного соединения и управлении мощностью генератора и позиционированием заготовки, позволяющая максимально приблизить зону нагрева деталей к индуктору и вести технологический процесс по заданным требованиям.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы

Предложенная математическая модель индукционного нагрева элементов волноводной сборки и трубопроводов позволяют проводить исследования в области создания эффективных технологических комплексов и проектировать автоматизированные системы для индукционной пайки ответственных деталей.

Также разработанные модель и алгоритмы управления могут быть востребованы в процессе теоретических разработок при переходе к передовым цифровым технологиям и интеллектуальным производственным технологиям, применяемым при создании ответственных деталей.

Разработанная двухконтурная автоматизированная система управления процессом индукционной пайки может быть использована для пайки ответственных деталей, например волноводных сборок космических аппаратов и трубопроводов.

Результаты диссертационной работы использовались при создании автоматизированной системы индукционной пайки в рамках грантов РФФИ совместно с Красноярским краевым фондом поддержки научной и научно-технической деятельности №16-48-242029 по теме «Математическое и физическое моделирование процессов, происходящих при индукционной пайке элементов волноводных трактов», №18-48-242006 по теме «Математическое и физическое моделирование процессов, происходящих при индукционной пайке трубопроводов в защитных средах».

Достоверность основных научных положений

Степень достоверности полученных результатов основывается на корректном использовании математического аппарата теории электромагнитных и тепловых полей, методов теории автоматического регулирования и управления. Экспериментальными исследованиями, выполненными при различных параметрах технологического процесса индукционной пайки. А также использованием современного программного обеспечения для моделирования физических процессов и проведения исследования двухконтурной системы управления.

Соответствие требований к выполнению, оформлению и апробации диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, а также библиографического списка из 118 наименований. Общий объем работы составляет 132 страницы, в том числе 85 рисунков и 9 таблиц.

Материал диссертации научно-обоснованный характер, соответствует предъявляемым требованиям, логически выверен и отражает суть выполненной работы.

Основные научные результаты диссертации изложены в 21 научной работе, в том числе: 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 10 статей, в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и/или Scopus, в одном свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ, одной монографии.

Правильность оформления диссертации и автореферата, соответствие автореферата и диссертации ее содержанию

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Автореферат в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации. Автореферат содержит 19 страниц.

Замечания по диссертационной работе:

1. Отсутствует раздел синтеза или анализа двухконтурной автоматизированной системы управления процессом индукционной пайки.

2. Из работы не ясно как происходит обнаружение момента наступления расплава припоя.

Отмеченные недостатки не снижают научной значимости и не влияют на общую положительную оценку диссертации в целом. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, автором получен ряд новых результатов, представляющих интерес для автоматизации процесса индукционной пайки.

Заключение

Диссертационная работа Бочаровой Олеси Андреевны является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащую новые научные результаты. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. В целом, диссертация четко структурирована, цель и задачи полностью соответствуют полученным научным результатам.

Диссертационная работа «Автоматизированная система управления процессом индукционной пайки» соответствует паспорту специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами и отвечает требованиям и отвечает требованиям пп. 9 – 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автор диссертационной работы Бочарова Олеся Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры «Сварочное производство, метрология и технология материалов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» протокол № 2 от 20 сентября 2022 г.

Заведующий кафедрой «Сварочное производство,
метрология и технология материалов»,
д-р техн. наук, профессор

Ю.Д. Щицын

Профессор кафедры «Сварочное производство,
метрология и технология материалов»,
д-р техн. наук, профессор

Е.А.Кривоносова

Ведущая организация - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Почтовый адрес: 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д.29

Телефон: +7 (342) 219-80-67, +7 (342) 212-39-27

E-mail: rector@pstu.ru