

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию
ЗУБКОВОЙ ЮЛИИ ВАЛЕРЬЕВНЫ
на тему «**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ**»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (в машиностроении и
приборостроении)»

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Установки электронно-лучевой сварки по своей конструкции представляют сложные автоматизированные комплексы, функционирование которых осуществляется на основе интеграции электромеханических узлов, электросилового части и высокопроизводительного вакуумного оборудования.

Высокая скорость процесса сварки, выполнение сварных швов во многих случаях по криволинейной траектории, в условиях ограниченных возможностей визуального наблюдения за процессом, а также значительная масса перемещаемых узлов (десятки и сотни кг), создают значительные трудности в обеспечении точности прохождения траектории сварного шва электронным лучом.

Для обеспечения точности и стабильности процесса электронно-лучевой сварки необходима автоматическая система позиционирования луча по свариваемому стыку. В работе показано, что существующие автоматические устройства позиционирования луча по стыку не обеспечивают все возрастающие требования к точности обработки траектории движения электронно-лучевой пушки (ЭЛП). Все это в совокупности снижает качество сварного шва на изделиях.

Суммарная погрешность обработки траектории образуется в результате действия большого числа элементарных погрешностей, присущих электромеханическим узлам, обеспечивающим перемещение исполнительного органа (ЭЛП).

Задача повышения точности позиционирования электронного луча по стыку с практической и научной точки зрения окончательно не решена.

В соответствии с вышеизложенным, тема данной диссертационной работы – обеспечение точности позиционирования электронного луча при электронно-лучевой сварке, является актуальной.

2. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Вывод 1. На основании проведенного анализа факторов, определяющих процесс позиционирования электронного луча по стыку, предложены и

формализованы критерии обеспечения точности позиционирования ЭЛ.

Предложенные критерии определяются двумя группами факторов — конструктивными особенностями мехатронных модулей движения (ММД) электронно-лучевого комплекса и технологическими условиями сварки.

Полная погрешность ММД учитывает все составляющие этой погрешности: погрешность системы управления ММД; кинематические погрешности преобразователей движения; податливость преобразователей движения; наличие «мертвого хода» преобразователей движения; динамическую погрешность, возникающую вследствие инерционных сил.

Параметры технологического процесса электронно-лучевой сварки формируют группу погрешностей, обусловленных: отклонением взаимного положения оси симметрии электронного луча и плоскости симметрии стыка; отклонением диаметра фокального пятна на поверхности стыка свариваемых деталей; отклонением расстояния от среза сварочной пушки до поверхности свариваемой детали (дна сварочной ванны); отклонением глубины проплавления.

На основе полного учета перечисленных погрешностей сформулированы критерии обеспечения точности позиционирования ЭЛ. Поэтому данные критерии являются достаточно обоснованными.

Вывод 2. Разработана математическая модель процесса позиционирования ЭЛ при отработке заданной траектории шва. Структура модели учитывает влияние факторов, перечисленных в п.1 выводов, а именно кинематических и динамических характеристик ММД в составе АЭЛТК. Исследования, проведенные с помощью математической модели, выявили основные факторы, влияющие на величину отклонения ЭЛ от заданного положения. Это линейная скорость выходного звена и масса нагрузки (рабочего органа).

Для решения задачи определения суммарной погрешности позиционирования ЭЛ при отработке заданной траектории в режиме реального времени необходим учет всех погрешностей ММД и погрешностей, вызванных технологическими режимами сварки, т.е. погрешностями, вызванными явлениями разной физической природы. При решении подобных задач возрастает роль математического моделирования. Поэтому разработка и исследования математической модели процесса позиционирования является вполне обоснованной.

Вывод 3. Положение о том, что физическая модель объекта исследования представлена совокупностью кинематической и динамической моделей мехатронного модуля движения вполне обосновано. Уравнения кинематики и динамики движения манипулятора, полученные методами Лагранжа-Эйлера, обеспечивают строгое описание динамики манипулятора и могут быть использованы для разработки законов управления в пространстве присоединенных переменных, а также для решения прямой задачи динамики.

Вывод 4 и вывод 5. Содержание данных выводов отражает способ практической реализации управления процессом позиционирования на основе предложенного алгоритма управления и структуры системы управления процессом позиционирования ЭЛ по стыку с учетом погрешностей манипуляторов

ЭЛП, заготовки и критериев точности позиционирования. Естественно, эти положения являются обоснованными.

Вывод 6. Вывод обоснован результатами экспериментального исследования точности позиционирования выходного звена манипулятора. Эти результаты свидетельствуют о двукратном увеличении точности позиционирования при учете полной погрешности, содержащей кинематическую и динамическую составляющую.

Вывод 7. Обоснованность вывода установлена на основе 8% погрешности экспериментальных и расчетных данных, вычисленных по уравнениям регрессии.

Вывод 8. Предложенная методика обеспечения точности позиционирования ЭЛ при прохождении его по траектории свариваемого стыка, несомненно, повышает качество свариваемых изделий, и вследствие этого вывод является обоснованным.

3. ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

1. Достоверность научных положений и практических рекомендаций в диссертации базируется:

- на выявленных в результате анализа существующих систем слежения за стыком статистически значимых кинематических и динамических характеристик мехатронных модулей движения, не учитывающихся в существующих системах слежения.

- на подтверждении теоретическими расчетами и экспериментами утверждения о том, что положение фокального пятна нагрева ЭЛ определяется не только влиянием погрешности фокусирующей и отклоняющей системами, но и влиянием величины полной (суммарной) погрешности мехатронных систем автоматизированного электронно-лучевого технологического комплекса (АЭЛТК).

2. Физическая сущность модели объекта управления включает совокупность кинематической и динамической составляющих. Достоверность описания физической модели подтверждается применением классических уравнений Лагранжа-Эйлера и метода тензорного анализа для описания динамики манипуляторов АЭЛТК, а результаты моделирования не противоречат основным законам физики.

3. Важным моментом, вытекающим из результатов исследования, является математическая модель процесса позиционирования ЭЛ по стыку при сварке в реальном масштабе времени. Предложенная модель обладает большей степенью достоверности, так как учитывает полную погрешность мехатронной системы АЭЛТК и включает всю совокупность критериев позиционирования.

4. Выполненные экспериментальные исследования и обработка их результатов (глава 3) в целом подтверждают достоверность основных теоретических результатов и основных научных положений и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

4. НОВИЗНА НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

1. Главный научный результат работы получен на основе подробной детализации погрешностей процесса позиционирования электронного луча по сварочному стыку. В результате этой детализации выявлены новые возможности повышения точности перемещения электронного луча по стыку свариваемых деталей (достигнуто двукратное снижение погрешности).

2. Предложенные критерии обеспечения точности позиционирования ЭЛ по стыку объединяют прямые и косвенные факторы обеспечения технологических условий:

- диаметра фокального пятна нагрева;
- сохранения глубины проплавления металла и постоянства взаимного положения электронного пучка, определяемого размерами от среза сварочной пушки до поверхности свариваемой детали. Кроме того, в разряд дополнительных критериев включена полная кинематическая погрешность и динамическая погрешность ММД. Многокритериальная постановка задачи обеспечения точности позиционирования ЭЛ при сварке является более предпочтительной в условиях действия факторов, имеющих различную физическую природу.

3. Разработанный автором новый подход к обеспечению точности позиционирования электронного луча по стыку, математическая модель процесса позиционирования рабочего органа, алгоритм управления процессом позиционирования на основе предложенной математической модели, а также структурная схема автоматизированной системы управления при ЭЛС на основе учета полной погрешности ММД создают предпосылки к повышению качества свариваемых деталей. Таким образом, научные положения диссертации обладают новизной как в части выявленных закономерностей процесса позиционирования электронного луча по стыку, так и практической реализации научной работы.

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ

Разработана инженерная методика обеспечения точности позиционирования электронного луча при ЭЛС. Совокупность расчетных и экспериментальных действий, при учете фактических характеристик сварочного оборудования, позволяют осуществить практическую реализацию результатов диссертационной работы.

На основе предложенных рекомендаций возможно создание новых систем управления, либо модернизация существующих установок ЭЛС.

6. ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

1. В главе 1 диссертации (состояние вопроса) не достаточно полно отражен анализ зарубежных научных разработок и практического опыта по обеспечению

точности позиционирования электронного луча при ЭЛС.

2. При анализе полной погрешности ММД учтено несколько (5 видов) составляющих. Для такого вида оборудования, как АЭЛТК, имеющего и мехатронные узлы и электромагнитную систему (фокусирующую и), не установлены доминирующие (наибольшие по вкладу в полную) составляющие. Возможно, это позволило бы упростить математическую модель процесса.

3. Недостаточно подробно изложена инженерная методика обеспечения точности позиционирования ЭЛ по стыку при ЭЛС (глава 4). Это существенно затрудняет возможности практической реализации работы. В частности, динамическую погрешность предполагается устанавливать на основе получения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным. Как это сделать в производственных условиях?

4. При анализе погрешностей мехатронных модулей ЭЛ и перемещения заготовки отмечается, что фактическое положение рабочего органа является величиной случайной (Т. М. рис., стр. 29). Далее в гл. 3, стр. 55 в качестве допущений параметры ММ принимаются детерминированными величинами. Это решение не аргументируется, кроме как необходимостью уменьшения расчетного времени модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Зубковой Ю.В. в целом является актуальной, законченной и самостоятельной научно-квалификационной работой. Поставленная цель исследования достигнута, а задачи решены. Основные выводы по работе, полученная математическая модель, результаты моделирования, предложенный алгоритм управления процессом, разработанная структурная схема автоматизированной системы управления процессом позиционирования электронного луча, методика обеспечения точности позиционирования электронного луча, научно обоснованы и достоверны, т.к. базируются на объективных физических закономерностях (кинематики, динамики и электромагнетизма). Экспериментальные результаты являются статистически значимыми, т.к. укладываются в доверительные интервалы. В целом полученные результаты имеют научную новизну и практическую ценность. Личный вклад автора работы достаточно существенен.

Основные результаты исследований опубликованы в 19 печатных работах, в том числе, три публикации из списка в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также докладывались на конференциях, симпозиумах, включая международные.

Содержание автореферата адекватно отражает основные положения диссертации. Диссертация и автореферат логично изложены и аккуратно оформлены.

На основании вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа Зубковой Ю.В. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06

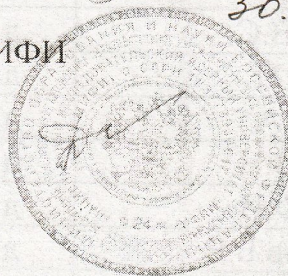
– «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении)», а автор – Зубкова Юлия Валерьевна заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06.

Официальный оппонент,
к.т.н., доцент, заведующий
кафедрой Технологии машиностроения
Новоуральского Технологического института
Национального исследовательского ядерного университета МИФИ
624130, Россия, Свердловская область,
г. Новоуральск, ул. Ленина, 85.
Тел. (34370) 94951, факс (34370) 95025.

Васильев В.В. Закураев

30.11.2015

Подпись заверяю
Секретарь ученого совета НТИ НИЯУ МИФИ



Н.Е. Денисова