

Я. Ю. Якоби, С. В. Шостенко

**ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ МНОГОКООРДИНАТНАЯ СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТА
ПРИ СВАРКЕ СИЛЬФОННЫХ КОРОБОК**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: appaa1972@gmail.com, sergejshostenko@yandex.ru

В статье описывается разработанная пневматическая многокоординатная следящая система для автоматизированного управления положением инструмента при сварке сильфонных коробок из нержавеющей стали (12×18Н10Т). Система решает задачу точного позиционирования сварочной горелки для работы с тонкостенными конструкциями (ширина шва 0,4–1,2 мм) методом дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов (аргон/гелий).

Ключевые слова: пневматическая следящая система, сварка сильфонов, тонкостенные конструкции

Ya. Yu. Yakobi, S. V. Shostenko

**PNEUMATIC MULTI-COORDINATE SERVO SYSTEM
FOR AUTOMATED CONTROL OF TOOL POSITIONING
DURING WELDING OF BELLOWS BOXES**

Volgograd State Technical University

The article describes a developed pneumatic multi-coordinate servo system for automated control of tool positioning during welding of bellows boxes made of stainless steel (12×18H10T). The system solves the problem of precise positioning of the welding torch for working with thin-walled structures (weld width 0.4–1.2 mm) using non-consumable electrode arc welding in a protective gas environment (argon/helium).

Keywords: pneumatic servo system, bellows welding, thin-walled structures

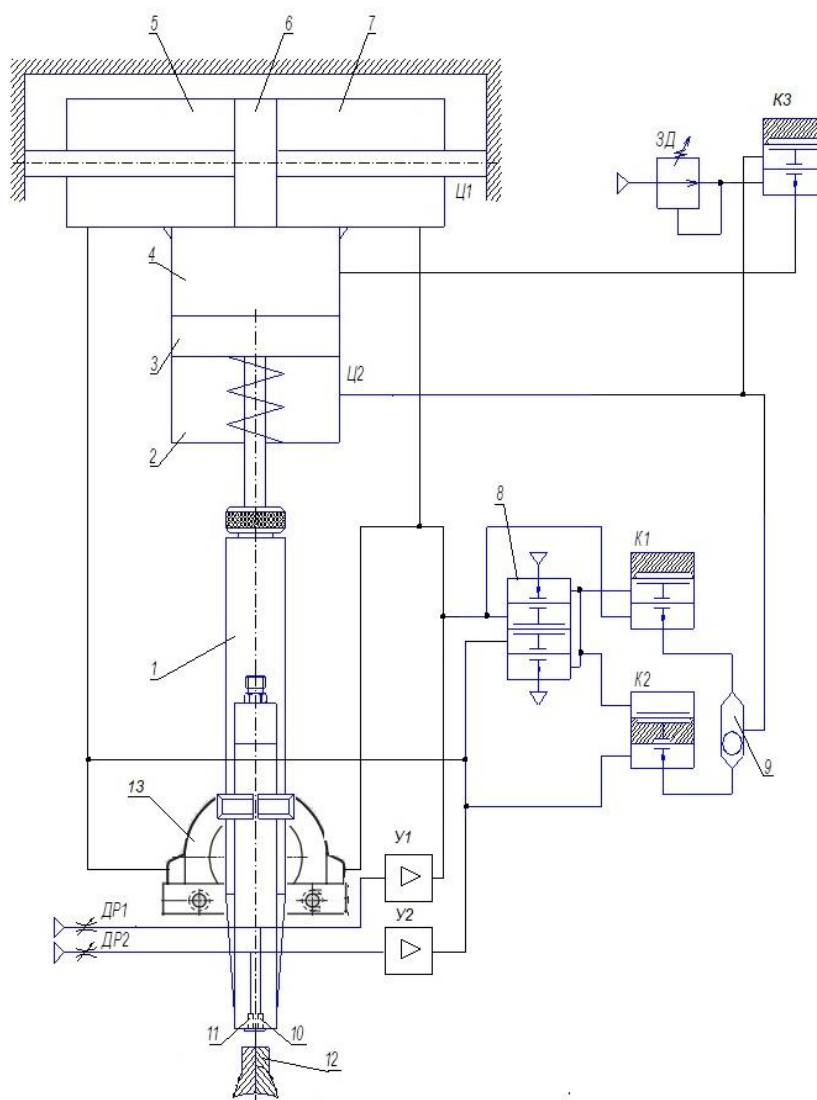
При изготовлении сварных сильфонных конструкций стоит вопрос автоматизации процесса управления положением сварочной горелки по стыку. Сильфонная коробка серии ССП представляет собой сварную конструкцию

из нержавеющей стали 12×18Н10Т и выпускается в широком диапазоне диаметров от 35 до 177,6 мм. Коробка сильфонов и ее присоединение к крепежным фланцам выполняется методом дуговой сварки неплавящимся электродом

в защитной газовой среде [1]. При этом толщина свариваемых по наружному и внутреннему стыкам колец не превышает 0,6 мм, а общая ширина свариваемого шва колеблется в диапазоне от 0,4 до 1,2 мм. В этих условиях сварка сопряжена с необходимостью точного наведения иглы сварочной головки на шов с поддержанием необходимого зазора, горизонтального, вертикального и углового позиционирования инструмента. В настоящее время этот процесс в промышленности не автоматизирован, полностью управляется и контролируется оператором-сварщиком, что сопряжено с необходимостью

периодической корректировки положения сварочной горелки в трех направлениях: по вертикали, по горизонтали и углу наклона.

Для автоматизации процесса сварки коробчатых пластинчатых сильфонов серии ССП по наружному диаметру предложено использовать бесконтактную трехкоординатную пневматическую следящую систему (рисунок). Новизна разработки заключается в применении бесконтактного метода контроля положения инструмента при сварке тонкостенных конструкций с использованием пневматических щелевых первичных преобразователей [2].



Пневматическая многокоординатная следящая система
автоматизированного управления положением инструмента

Следящая пневматическая система состоит из сварочной горелки 1, которая закреплена на валу поворотного механизма углового перемещения 13, установленного на поршне 3 пнев-

моцилиндра Ц2 привода вертикального и горизонтального перемещения. К горелке, в свою очередь, прикреплен дифференциальный пневматический датчик, в котором размещаются

целевые сопла 10 и 11, образующие соответственно с дросселями ДР1, ДР2 струйные датчики положения, междроссельное пространство которых через усилители сигнала У1, У2 подключено к входам элемента сравнения 8 и к соответствующим камерам 5 и 7 пневмоцилиндра Ц1 с поршнем 6, который обеспечивает продольное перемещение сварочной головки. К корпусу пневмоцилиндра Ц1 жестко крепится пневмоцилиндр Ц2 вертикального перемещения, содержащий камеры 2 и 4.

Камера 2 подключена к выходу элемента ИЛИ 9, входы которого соединены с выходами замыкающего К1 и размыкающего К2 пневмоклапанов. Управляющие входы пневмоклапанов К1 и К2 соединены с выходом элемента сравнения 8, а питающие входы подключены, соответственно, к камерам 5 и 7. К камере 4 через замыкающий клапан К3 подключен датчик давления ЗД, обеспечивающий постоянство зазора между концом сварочной горелки 1 и свариваемой кромкой изделия 12 по вертикали.

Перед работой система настраивается на заданную величину зазора в вертикальном направлении. Для этого с помощью датчика ЗД регулируется давление в камере 4 пневмоцилиндра вертикального перемещения Ц2, обеспечивающее положение сварочной горелки 1 относительно кромки изделия 12 с заданным зазором.

Система работает следующим образом. Перед сваркой каждого нового стыка оператор сварочной установки с пульта выводит горелку на требуемое начальное положение в центре стыка. При этом, при сварке наклонных швов, дополнительно обеспечивается начальное угловое положение сварочной горелки. Далее установка запускается на сварку стыка. В случае, когда сварочная головка 1 расположена точно по центру свариваемой кромки изделия 12, устанавливается равенство давлений на выходах струйных датчиков положения с соплами 10 и 11, что обеспечивает равные давления в камерах 5 и 7 пневмоцилиндра Ц1. При этом корпус пневмоцилиндра Ц1 не будет перемещаться в горизонтальном направлении и, соответственно, сварочная горелка 1 будет оставаться в равновесии относительно центра свариваемой кромки трубы 12. Одновременно сигнал давлений на выходах струйных датчиков положения с соплами 10 и 11 подается на входы привода углового положения инструмента 13. При равенстве давлений на выходе струйного диффе-

ренциального пневмодатчика привод углового перемещения 13 не будет перемещать сварочную головку 1.

Также сигнал давлений на выходах датчиков с соплами 10 и 11 подается на входы элемента сравнения 8 обеспечивая наличие сигнала на его выходе, что вызывает открытие клапана К1, а значит свободную подачу воздуха через элемент ИЛИ 9 в камеру 2 пневмоцилиндра Ц2. Рост давления на выходе элемента 9 вызывает срабатывание клапана К3 и подключение датчика ЗД к камере 4 пневмопривода Ц2. Так как в камере 4 с помощью датчика давления ЗД заранее установлен определенный уровень давления, то повышение давления в камере 2 будет происходить до тех пор, пока не установится требуемое положение сварочной горелки 1 по отношению к кромке изделия 12, соответствующее заданной величине зазора при сварке.

При перемещении сварочного аппарата вдоль шва изделия 12 положение свариваемой кромки относительно центра сварочной горелки 1 в горизонтальном и угловом направлении может измениться. Например, при смещении кромки влево, или соответствующем наклоне плоскости стыка изделия 12 уменьшается перекрытие сопла 10, что вызывает падение давления на соответствующем входе струйного датчика положения и в камере 5 пневмоцилиндра Ц1. Разность давлений в камерах 5 и 7 обеспечивает смещение корпуса пневмоцилиндра Ц1 влево, то есть в сторону камеры с меньшим давлением. Аналогичное действие производит при угловом смещении инструмента, когда срабатывает привод углового перемещения 13. Соответственно происходит перемещение сварочной головки 1 влево, либо на заданный угол до установления равенства давлений на выходах струйных датчиков положения и в камерах 5, 7. При этом сварочная головка 1 располагается точно по центру свариваемой кромки изделия 12. Совместная работа приводов горизонтального перемещения Ц1 и углового перемещения 13 быстрее приводит систему в равновесное состояние. При смещении в процессе сварки кромки изделия 12 вправо или соответствующем угловом отклонении кромки свариваемого стыка, приводы Ц1 и 13 отработывают аналогично, до полного равновесия давлений на выходах струйных датчиков положения с соплами 10 и 11, что обеспечивает требуемое горизонтальное и угловое положение сварочной головки.

При изменении зазора между сварочной головкой 1 и кромкой изделия 12 по вертикали, независимо от горизонтального или углового положения кромки относительно центра сварочной головки 1, происходит регулирование положения инструмента по высоте. При изменении сопротивления в одном из сопел 10, 11, вызывающем повышение давления, например, в струйном датчике положения 11, происходит переключение элемента сравнения 8, и на его выходе сигнал исчезает. Это приводит к открытию клапана К2 и давление от струйного датчика положения с соплом 11 подается через клапан К2 и элемент ИЛИ 9 в камеру 2 пневмоцилиндра Ц2. Повышение давления в камере 2 вызывает перемещение поршня 3 со сварочной горелкой 1 вверх. Происходит отвод инструмента от изделия 12, при этом давление начинает снижаться до установленного равновесия сил, действующих на поршень 3. Система стабилизируется. Независимо от положения кромки изделия 12 относительно целевых сопел 10, 11 слежение по вертикали обеспечивает включение клапанов К1, К2. Если, например, давление на выходе датчика положения с соплом 11 будет больше, то происходит переключение элемента сравнения 9, и на его выходе появляется сигнала, что вызывает открытие клапана К1 и давление поступит через элемент ИЛИ 9 в камеру 2, то есть пневмоцилиндр Ц2 всегда получает сигнал от того струйного датчика положения, в котором давление больше. Таким образом, слежение за положением свариваемой кромки детали 12 происходит всегда одновременно по двум линейным и одной угловой координате.

В конце сварки каждого стыка происходит наведение дифференциального датчика на зону уже выполненного стыка с шаровой по сечению формой. При этом в обоих ветвях пневматического первичного преобразователя происходит резкое уменьшение давления, что вызывает отключение клапана К3, снижение давление к камере 4 привода Ц2 и возврат привода Ц2 в верхнее положение за счет встроенной пружины. При отведении сварочной головки от стыка происходит обрыв дуги и автоматическое

отключение источника сварочного тока. Далее цикл сварки повторяется.

Представленная на рисунке трехкоординатная следящая САУ положением сварочного инструмента допускает реализацию на типовых промышленных пневматических логических элементах и промышленных приводах линейных перемещений (например, моделей SLE-...-KF-A-G, DSNU-...-S2-P-A, DAR-10-90-Рот концерна FESTO[3]). Параметры целевого дифференциального датчика перемещений выбираются в зависимости от толщины и диаметра свариваемых колец пластинчатых сильфонов.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Применение технологии питания пневмодатчика инертным газом позволяет обеспечить крепление первичного преобразователя на корпусе сварочной головки в непосредственной близости (не более 10 мм) от сварочной дуги без нарушения газовой защиты зоны сварки стыка.

2. Предложенная многокоординатная система управления положением сварочного инструмента позволит осуществлять управление сразу по трем координатам от одного первичного дифференциального преобразователя без механического контакта со свариваемым изделием.

3. Реализация системы управления исключительно на промышленных пневматических устройствах обеспечит ее низкую стоимость производства и эксплуатации, высвобождение оператора-сварщика от вредных условий работы, увеличение качества выпускаемой продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева, Л. Е. Упругие элементы приборов / Л. Е. Андреева ; под ред. В. И. Федосьева. – М. : Машгиз, 1962. – 455 с.
2. Шостенко, С. В. Исследование и разработка пневматических следящих систем управления положением инструмента при сварке тонкостенных изделий / С. В. Шостенко ; ВолгГТУ. – Волгоград, 1997. – 10 с.
3. FESTO. Пневматика для автоматизации [Электронный ресурс] : электронный каталог. – Берлин, 2021. – Режим доступа: <https://ru-festo.com>, свободный. (Дата обращения: 15.05.2025 г.).