

УДК 004.896:621.865

К.В. Бескончин, Д.Б. Золотухин, А.А. Зенин, А.В. Тюньков, Ю.Г. Юшков

Четырехкоординатный манипулятор для установки электронно-лучевой сварки

Для установки электронно-лучевой сварки разработан прецизионный манипулятор оригинальной конструкции, имеющий три поступательные и одну вращательную степени свободы. Все перемещения по степеням свободы обеспечиваются отдельными независимыми электроприводами. Точность позиционирования деталей (0,1 мм) и скорости перемещения (30 мм/с) осуществляется комбинацией серво- и шаговых приводов в сочетании с цифровыми системами регулировки и управления. Все электроприводы выполнены на основе электродвигателей постоянного тока, при этом диапазон поступательных перемещений варьируется в пределах 250 мм, а угол поворота не ограничен. Разработанный манипулятор представляет собой оригинальное устройство прецизионного перемещения, позволяющее автоматизировать процесс электронно-лучевой сварки и повысить его качество.

Ключевые слова: электронный пучок, электронно-лучевая сварка, манипулятор.

doi: 10.21293/1818-0442-2017-20-1-154-156

Применение в промышленности электронно-лучевых технологий для сварки различных деталей и конструкций [1–3] свидетельствует о том, что в ряде случаев она обладает преимуществами перед традиционными технологиями сварки [4, 5] или лазерной сваркой [6].

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) применяется для уникальной операции соединения изделий из высокопрочных сталей и сплавов на основе алюминия и титана. Поскольку процесс ЭЛС происходит в вакууме, это позволяет сохранять исходную чистоту свариваемого металла и получать сварные швы очень высокого качества [7]. При помощи ЭЛС также можно получать высокое качество сварных соединений химически активных металлов и сплавов: молибдена, титана, ниобия, циркония. Как правило, во многих случаях происходит дегазация металла шва и одновременно повышение его пластических характеристик.

Кроме того, ЭЛС незаменима при соединении низкоуглеродистых, коррозионно-стойких, медных, никелевых сталей, алюминиевых сплавов. Сегодня на отечественных и зарубежных предприятиях широко применяются электронно-лучевое оборудование с источниками косвенного и прямого накала катодов [5]. В установках с внутрикамерным расположением источников появляется возможность сварки соединений горизонтальным или наклонным лучом по сложным траекториям движения.

Точная механика в сочетании с компьютерными технологиями и системами управления устраняют зависимость качества итоговых соединений от человеческого фактора [8, 9]. Автоматическое сварочное оборудование просто и надежно в эксплуатации, и его обслуживание не подразумевает существенных трудовых затрат. Запрограммировав установку, необходимо лишь контролировать наведение электронного луча в нужное место и его прохождение вдоль сварного шва.

Широкая номенклатура свариваемых электронным пучком узлов и деталей, разница их массогабаритных параметров и технических требований к ка-

честву сварки не позволяют реализовать единые подходы и универсальные технические решения как для электронно-лучевой установки в целом, так и для ее составляющих. Именно поэтому при выполнении комплексного проекта № 02.G25.31.0189 Минобрнауки РФ «Создание производства нового поколения электронно-лучевого оборудования на основе различных эмиссионных систем для сварки, пайки, обработки поверхностей и аддитивных технологий» возникла задача специальной разработки держателя свариваемых деталей в виде четырехкоординатного прецизионного манипулятора с повышенной точностью пространственного перемещения. Результаты данной разработки представлены в настоящей статье.

Конструкция и принцип работы устройства

Четырехкоординатный манипулятор оригинальной конструкции специально создан для перемещения и вращения объектов внутри вакуумной камеры, которая входит в состав установки 6Е400, разработанной для сварки в вакууме электронным лучом изделий, изготовленных из стали типа 12Х18Н10Т, сплавов типа Inconel 718, SAE AMS 5596, ХН43БМ-ТЮ, ХН78Т, 36НХТЮ, алюминия и его сплавов, титана и его сплавов и других металлов толщиной 0,6–20 мм. Технологические особенности применения этой установки обуславливают ее эксплуатацию в закрытом помещении, защищенном от излучения при температуре окружающей среды от +150 до +250 °С и относительной влажности до 80%. Свариваемое изделие устанавливается на манипуляторе, размещаемом в вакуумной камере. Манипулятор позволяет подвести изделие под электронный луч (наведение луча на стык свариваемых изделий) и перемещать изделие под лучом с заданной скоростью и по заданной траектории. Управление перемещением манипулятора осуществляется системой управления через интерфейс программы управления управляющего компьютера. Для наблюдения поверх-

ности изделия и наведения луча на стык использует систему видеонаблюдения.

Манипулятор выполнен по схеме выкатного трехкоординатного стола, с возможностью установки на него вращающегося механизма (рис. 1). Такой подход позволяет использовать все предусмотренные его конструкцией степени перемещения свариваемых деталей.

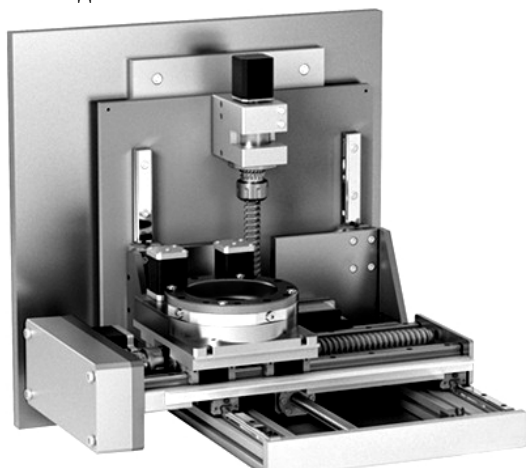


Рис. 1. Многопозиционный манипулятор

Конструктивно трехкоординатный стол выполнен на раме из станочного алюминиевого профиля сечением 60×120 мм, внутри рамы установлен привод оси X, состоящий из шариковинтовой пары (ШВП) диаметром 32 мм, шагом винта 4 мм, шагового двигателя серии 86 с энкодером разрешением 2000 импульсов на оборот. При этом на гайке ШВП создается максимальная сила до 12 кН. Разрешение энкодера позволяет обеспечить дискретность перемещения по оси вплоть до 10 мкм. Ось Y собрана на плите, установленной на каретках рельсовых направляющих оси X. Для привода оси Y используется такой же шаговый двигатель серии 86 с энкодером и ШВП диаметром 16 мм шагом 4 мм. Шарико-винтовые пары, рельсовые направляющие и корпуса кареток изготовлены из магнитных марок стали. Магнитные свойства этих деталей не влияют на отклонения луча, поскольку расположены на значительном удалении от места сварки и подвергнуты предварительному размагничиванию. Корпус шагового двигателя представляет собой магнитопровод, имеющий внешнее магнитное поле рассеяния, при этом их расположение в манипуляторе не влияет на отклонение луча. В случае обнаружения отклонения луча магнитным полем двигателей на них устанавливаются экраны из электротехнической стали.

Привод вращения осуществляется шаговым двигателем серии 57. Максимальный крутящий момент на валу редуктора 126 кгс·м. Манипулятор в сборе устанавливается в вакуумной камере на рельсах для его перемещения. Основные параметры манипулятора представлены в таблице.

Система управления построена на базе модулей ввода-вывода дискретных сигналов МК110-8Д,4Р и

управляющего компьютера. Управление осуществляется по промышленному протоколу Modbus. В центральной части монитора располагается панель управления манипулятором (рис. 2).

Параметры и характеристики манипулятора

Наименование параметра	Значение
Диапазон перемещения манипулятора:	
X-координата	250 мм
Y-координата	160 мм
Z-координата	100 мм
Скорость перемещения манипулятора по координатам X, Y, Z	0–300 мм/с
Точность позиционирования	10 мкм
Диаметр планшайбы	160 мм
Наклон планшайбы	0–90°
Скорость вращения	0,1–30 об/мин
Тип привода осей	Шаговый

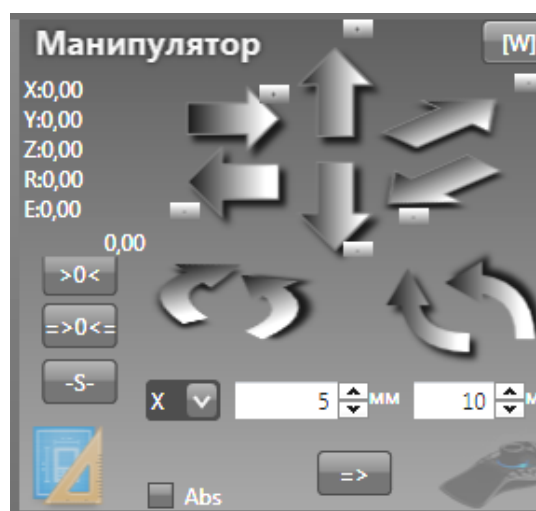


Рис. 2. Панель управления манипулятором

Здесь отображены текущие координаты. Есть возможность сброса координат, запуска движения по каждой из осей, возврата в ноль. Эти координаты можно заносить в параметры точки траектории технологического процесса.

Заключение

Разработанный четырехкоординатный манипулятор для электронно-лучевой сварки позволяет реализовать прецизионное перемещение свариваемых деталей сложных объемных форм в условиях автоматизированного технологического процесса электронно-лучевой сварки. Созданное устройство обеспечивает более высокое качество электронно-лучевой сварки и снижает время технологического цикла в результате сокращения времени на подготовительные операции, связанные с подводом и перемещением свариваемых образцов.

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР) – головном исполнителе НИ-ОКТР «Создание производства нового поколения электронно-лучевого оборудования на основе различных эмиссионных систем для сварки, пайки, об-

работки поверхностей и аддитивных технологий», проводимой при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках договора № 02.G25.31.0189.

Литература

1. Белюк С.И. Промышленное применение электронных источников с плазменным эмиттером / С.И. Белюк, И.В. Осипов, Н.Г. Ремпле // Изв. вузов. Физика. – 2001. – Т. 44, № 9. – С. 77–84.
2. Опыт применения пушек с плазменным катодом для электронно-лучевой сварки тепловыделяющих элементов атомных станций / В.И. Васильков, А.А. Кислицкий, Н.В. Онучин и др. // Автоматическая сварка. – 2002. – Т. 591, № 6. – С. 38–40.
3. Плазменные источники электронов – перспективные устройства для электронно-лучевых технологий / В.А. Груздев, В.Г. Залесский, Д.А. Антонович, Ю.П. Голубев // Мир технологий. – 2003. – № 1. – С. 45–54.
4. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. – М.: Машиностроение, 1974. – 769 с.
5. Лукин М.А. Научно-технический уровень сварочного производства в современной России // Вестник Псков. гос. ун-та. – 2014. – № 4. – С. 134–142.
6. Grezev A.N. Plasma formation in laser welding // Welding International. – 2005. – Vol. 19, № 10. – PP. 808–813.
7. Назаренко О.К. Электронно-лучевая сварка / О.К. Назаренко, Е.И. Истомин, В.Е. Локшин. – Киев: Наукова думка, 1987. – 256 с.
8. Бочаров А.Н. Использование видеoinформации для управления процессом ЭЛС / А.Н. Бочаров, С.В. Котельникова // Решетневские чтения. – 2009. – Т. 2, № 13. – С. 490–491.
9. Артеменко Е.С. Система слежения по стыку соединения при электронно-лучевой сварке / Е.С. Артеменко, В.Д. Лаптенко // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2013. – Т. 1, № 9. – С. 391–393.

Бескончин Константин Валериевич

Вед. инженер каф. физики ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-33-69
Эл. почта: beskonchin@mail.ru

Золотухин Денис Борисович

Канд. физ.-мат наук, н.с. каф. физики ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-33-69
Эл. почта: zolotukhinden@gmail.com

Зенин Алексей Александрович

Канд. техн. наук, инженер-исследователь
каф. физики ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-33-69
Эл. почта: zenin1988@gmail.com

Тюньков Андрей Владимирович

Канд. техн. наук, инженер-исследователь
каф. физики ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-33-69
Эл. почта: andrew71@sibmail.com

Юшков Юрий Георгиевич

Канд. техн. наук, с.н.с. каф. физики ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-33-69
Эл. почта: yushkovyu@mail.ru

Beskonchin K.V., Zolotukhin D.B.,
Zenin A.A., Tyunkov A.V., Yushkov Yu.G.

Four-coordinate manipulator for electron-beam welding facility

As a part of a complex project, the manipulator ensuring three translational and one rotational degree of freedom to the parts during electron beam welding, was designed. All motions are provided by independent electric drives. The precision of parts positioning (0.1 mm) and movement speed (30 mm / s) is provided by a combination of servo- and stepper drives, combined with digital adjustment systems. The electric drives are based on DC motors. Translational displacement range is of 0–250 mm. The rotational angle is not limited.

Keywords: manipulator, electron beam welding, plasma electron source.

