

Памятка

Уважаемые студенты! Вам необходимо:

1. Внимательно прочитайте данную лекцию;
2. Записать в тетради краткий конспект с возможными требованиями;
3. Ответить на контрольные вопросы письменно в рабочей тетради.
4. Выполненную работу - прислать фото отчет на электронную почту преподавателю, (с 17.03.2023 по 20.03.2023).
5. В дальнейшем по окончанию семестра принести для проверки.

С уважением **Андрощук Ольга Владимировна**, по вопросам к заданию, обращаться по номеру тел. +380721273299 или по электронной почте e-mail: Olga8122@yandex.ru

Лекция

Тема: Программирование режима при электронно-лучевой сварке

Цель: Рассмотреть условия программирование режимов при электронно-лучевой сварке

План

1. ЭЛС в промышленности
2. Задачи автоматизации управления
3. Программатор режимов электронно-лучевой сварки СУ228
4. Программное управление манипулятором.
5. Техническая характеристика прибора "Стык – 1" приведена ниже.
6. Техническая характеристика устройства "Дельта – 1" приведена ниже.

1. ЭЛС в промышленности

В промышленных установках для электронно-лучевой сварки (ЭЛС) в последнее время применяют аппаратуру, обеспечивающую возможность сварки металлов переменной толщины и программирование параметров луча, скорости сварки при выполнении ряда последовательных операций.

Для очистки соединяемых кромок от окисных пленок, влаги, следов растворителей. Перед сваркой целесообразно облучать кромки пучком электронов при параметрах режимов, меньшим номинальным рабочим режимом).

После сварки стыка обычно осуществляют так называемое косметическое заглаживание шва несколько расфокусированным пучком электронов для устранения подрезов, чрезмерного усиления шва и т. д.

В технике ЭЛС широко применяют программированное управление положением сварочного пучка электронов относительно свариваемых кромок или обрабатываемой поверхности.

Однако на практике не удается обеспечить достаточное совпадение значений координат запрограммированных и координат отверстий реальной детали. Такое несоответствие объясняется существующим допуском на размеры межцентровых расстояний отверстий в трубной доске, а также трудностями точной ориентации теплообменника в координатной плоскости. После перемещения пушки на позицию сварки точного совмещения электронного пучка с кольцевым стыком детали для коррекции ее положения применяют устройство совмещения пучка и блока перемещения пучка.

Автоматизация установок для электроннолучевой сварки является одним из важнейших направлений их совершенствования и позволяет добиться существенного повышения качества сварных соединений. Как уже отмечалось, время выполнения подготовительных и вспомогательных операций и диагностирования состояния функциональных систем таких установок превышает обычно время на проведение собственно технологических операций. Использование систем автоматического и программного управления дает возможность повысить производительность труда и надежность функционирования установок, а также обеспечивает высокую воспроизводимость технологического процесса. Кроме того, системы управления с использованием вычислительной техники расширяют технологические возможности сварочных установок.

2. Задачи автоматизации управления

Задачи автоматизации управления сварочными установками решаются в следующих направлениях: создание микропроцессорных систем локального управления параметрами процесса электронно-лучевой сварки и электромеханическим комплексом; применение систем локального управления положением электронного пучка; контроль и автоматическое регулирование процесса электроннолучевой сварки; контроль положения фокуса электронного пучка и управление установками с помощью ЭВМ.

Микропроцессорные системы локального управления параметрами процесса электроннолучевой сварки и электромеханическим комплексом. Системами локального управления комплектуются новые или модернизированные действующие специализированные сварочные установки. Типичные системы локального программного управления созданы в ИЭС им. Е. О. Патона на базе микропроцессорной техники. Они могут работать в комплекте с энергоблоками для электронно-лучевой сварки У – 250А, ЭЛА – 15, ЭЛА – 30, ЭЛА – 60/60, ЭЛА – 60Б и ЭЛА – 120.

Программирование режимов сварки необходимо для обеспечения высокой воспроизводимости геометрии и качества сварных швов в серийном производстве, а также для сокращения времени на отработку технологии сварки новых изделий. Программное управление пространственно-энергетическими параметрами электронного пучка осуществляется с помощью программатора.

1. Программатор режимов электронно-лучевой сварки СУ228

Программатор режимов электронно-лучевой сварки СУ228 выполнен на базе контроллера "Электроника К1 – 20" и предназначен для программирования в функции пути или времени токов электронного пучка и фокусирующей линзы пушки, амплитуд периодического отклонения электронного пучка по двум координатам, а также длин участков с постоянным режимом сварки. Имеются также стандартные подпрограммы начала и окончания сварки. Число кадров программы сварки достигает 300. Для выполнения прихваток имеется специальная программа периодического повторения заданного однокадрового режима сварки.

Взаимодействие оператора с программатором осуществляется в диалоговой форме и не требует высокой квалификации.

Система программного управления режимом электронно-лучевой сварки СУ288 выполнена на базе контроллера "Электроника МС 2721" и кроме функций программатора СУ228 обеспечивает программирование траектории и скорости перемещения сварочной пушки или свариваемого изделия по шести координатам. Система имеет и переносной пульт ручного управления перемещением. Она предназначена для управления шаговым приводом типа БУШ – 5, который может, в основном, применяться в малогабаритных сварочных установках. Управление отклонением электронного пучка осуществляется для пушек как с однократным преломлением пучка, так и с двукратным.

Система контроля и программирования параметров сварочного электронного пучка СУ 260 имеет более широкие функциональные возможности (см. рисунок 1). Она позволяет управлять в функции перемещения сварочной пушки или свариваемого изделия всеми, кроме траектории и скорости сварки, параметрами режима электронно-лучевой сварки. В режиме "прихватка" программируется до 20 параметров технологического процесса. Число прихваток на свариваемом стыке может быть задано до 100 при периоде повторения 1...10 000 мм. В режиме "сварка" программируется до 17 параметров процесса с возможностью линейной

интерполяции каждого. Может быть задано до 300 участков шва с постоянным режимом сварки длиной 1...10 000мм каждый. Начало и окончание сварки осуществляется по одной из двух специальных подпрограмм либо в функции перемещения, либо в функции времени.

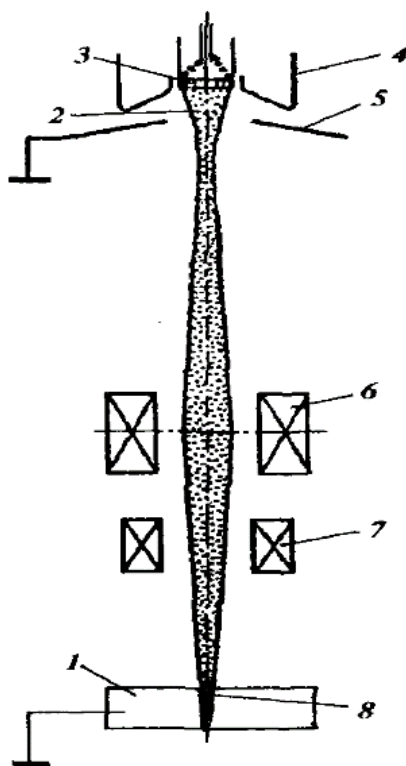


Рисунок. 1 – Блок системы контроля и программирования СУ260

В составе системы имеется submodule управления отклонением электронного пучка. С его помощью осуществляется статическое и периодическое отклонение электронного пучка как с однократным, так и с двукратным его преломлением. Развертка электронного пучка производится по одной из десяти записанных в перепрограммируемой постоянной памяти траекторий с частотой 50...500Гц или любой другой оперативно вводимой траектории развертки. При этом обеспечивается минимум биений развертки из-за пульсаций выпрямленного сетевого напряжения. Submodule модуляции токов электронного пучка и фокусирующей линзы пушки обеспечивает любое их периодическое изменение с частотой до 500Гц, в том числе синхронно с разверткой электронного пучка. Эти submodule управляются программой.

Для контроля геометрических параметров электронного пучка мощностью до 60кВт в состав системы входит специальный датчик, устанавливаемый на сварочной пушке или отдельно от нее. Контроль геометрии пучка может осуществляться до сварки. Программирование параметров технологического процесса осуществляется оператором в форме диалога (т. е. вводятся только необходимые цифровые значения параметров), а выбор режимов и под режимов контроля – методом программного "меню" (с помощью кнопок "ДА" и "НЕТ"). Система включает также некоторые

вспомогательные устройства: имитатор датчика перемещения пушки (или изделия); программатор микросхем постоянной памяти.

Управление и диагностирование высоковольтного источника питания сварочной пушки и его функциональных узлов являются важнейшими условиями обеспечения надежности энергоблока. Микропроцессорная система управления и диагностики ОЛ152 позволяет контролировать ускоряющее напряжение, напряжение катод – управляющий электрод, силы тока электронного пучка, фокусирующей линзы, накала пушки и бомбардировки катода, время работы катода и подогревателя, количество пробоев, а также запись и воспроизведение отклонений параметров и появления пробоев при сварке в функции пути. Имеется возможность проверки эмиссионной способности катода пушки, состояния узлов стабилизатора ускоряющего напряжения, наличия охлаждения и фаз питания и др.

2. Программное управление манипулятором.

Для управления манипулятором с шаговыми двигателями ЕС – 5 и ЕС – 10 и сервоприводом типа ЕСПА создан блок программного управления "Путь – Г (см. рисунок 1.). Он позволяет программой управлять одновременно по двум координатам траекторией и скоростью перемещения электронной пушки или изделия с линейной интерполяцией. Имеется переносной пульт ручного управления. Блок предназначен для крупногабаритных сварочных установок (вместо систем ЧПУ типа 1Н22 и 1Н33).

Системы локального управления положением электронного пучка. В современной технологии электронно-лучевой сварки крупногабаритных изделий сложной конфигурации применение систем слежения за стыком позволяет сократить время позиционирования электронного пучка на стык, обеспечить точное следование по траектории стыка в процессе сварки, исключить влияние на пучок магнитных полей, снизить требования к точности перемещения электронной пушки, повысить уровень автоматизации процесса сварки.

Датчик ОЛ140 расположен на торце электронной пушки и функционально является интегрирующим преобразователем потока заряженных частиц в электрический ток. Его конструкция обеспечивает необходимую термическую и электрическую помехозащищенность. Прибор СУ227 обеспечивает поиск и наведение на стык перед сваркой. Информация о положении стыка отображается на экране малогабаритной электронно-лучевой трубки. Оператор имеет возможность визуально контролировать момент точного совпадения оси электронного пучка со стыком.

Блок обработки вторично – эмиссионных сигналов ОЛ151 синхронизирует работу всей системы. В режиме автоматического слежения. В процессе сварки электронный пучок периодически на короткое время выносится из сварочной ванны на стык и сканирует поперек его. Вторично – эмиссионный сигнал в обоих случаях принимается помехозащищенным датчиком, расположенным на электронной пушке. Сигналы от стыка визуализируются и преобразуются в управляющие воздействия для привода

следящего перемещения сварочной пушки. Для предотвращения плавления металла при сканировании стыка в процессе сварки сила тока электронного пучка импульсно понижается.

Построенная таким образом система слежения за стыком СУ269 обеспечивает: поиск стыка на поверхности изделия; точное наведение на него маломощного электронного пучка перед сваркой; автоматическое совмещение электронного пучка со стыком в процессе сварки; передачу технологической развертки электронного пучка от внешних устройств в электромагнитную отклоняющую систему сварочной пушки (см. рисунок 1). Техническая характеристика системы СУ269 приведена ниже.

Прямолинейная, слабо-криволинейная (радиус кривизны более 6 м) она генерирует вынос электронного пучка из сварочной ванны, его развертку поперек стыка, управляет модуляцией тока электронного пучка, принимает и обрабатывает вторично эмиссионные сигналы, выполняет преобразование управляющих напряжений в ток отклоняющих систем пушки, а также согласует во времени прохождение разверток электронного пучка от различных устройств. Блок коммутации ОЛ137 преобразует сигналы блока ОЛ151, характеризующие положение стыка, в управляющие команды для блока управления приводом следящего перемещения электронной пушки. В качестве автономного привода следящего перемещения используется шаговый электродвигатель ШД – 5д с блоком управления БУШ – 1. Возможна также передача управляющих команд непосредственно на один из трех серверов блоков координатных шаговых двигателей манипулятора сварочной пушки или свариваемого изделия. При управлении приводом автоматически обеспечивается разгон и торможение шагового двигателя по заданному закону, компенсация зазора механической передачи привода перемещения.

Для наведения на стык и слежения за стыком с записью его траектории перед сваркой предназначена микропроцессорная система вторично – эмиссионного слежения СУ283. При сварке, а также при возможном последующем ремонте сварного шва траектория стыка воспроизводится. Координаты свариваемой точки стыка отображаются на малогабаритном дисплее в цифровом виде. При записи траектории стыка имеется возможность программного управления, мощностью и фокусировкой электронного пучка. Управление положением электронного пучка осуществляется перемещением сварочной пушки, для чего система СУ283 выдает управляющие сигналы на шаговый привод типа БУШ – 5.

Вторично – эмиссионные системы слежения применяются только при наличии явного стыка, либо его заменяющей клиновидной канавки на поверхности металла. Изготовление сварных конструкций, имеющих замкнутую поверхность, сопряжено с определением положения середины "скрытого" стыка. Так, при сварке тавровых соединений со стороны листа необходимо контролировать положение оси ребра, находящегося под листом. Стык между листом и ребром, невидимым со стороны листа, называют "скрытым" стыком.

Для контроля положения середины "скрытого" стыка изделий из немагнитных металлов разработан специальный прибор "Стык – 1"

3. Техническая характеристика прибора "Стык – 1" приведена ниже.

Контролируемые немагнитные металлы Коррозионно-стойкая сталь, титан и его сплавы, алюминий и его сплавы, медь и сплавы на ее основе
Диапазон толщин листа, мм..... 2...12
Точность контроля, не ниже..... 3% толщины листа
Режим работы..... Ручная и автоматическая разметка
Масса прибора, кг..... 6,5
Габаритные размеры, мм. . 450 x 330 x 160
Напряжение питающей сети частотой 50 Гц, В. . . . 220

Работа прибора основана на сочетании цифрового интегрирующего метода измерения с токовихревым методом контроля. Для этого используется дифференциальный токовихревой преобразователь ТВП накладного типа, собранный на Ш – образном магнита – проводе из ферро – магнитного материала. Преобразователь содержит три обмотки, причем питающая обмотка расположена на среднем стержне, измерительные – на крайних стержнях. Питающая обмотка подключена к выходу генератора синусоидального напряжения ГСН, а измерительные – к входам дифференциального усилителя ДУ. Разностное напряжение на выходе ДУ определяется смещением оси ТВП относительно середины "скрытого" стыка, так как при несовпадении этих осей возникает асимметрия магнитного поля преобразователя. В результате этого амплитуда напряжения на одной обмотке возрастает, а на другой – уменьшается. Разность напряжений измерительных обмоток после усиления подается на синхронный детектор СД, управляемый сигналом с выхода того же ГСП. Постоянная составляющая про детектированного напряжения выделяется фильтром нижних частот ФНЧ и преобразуется в цифровой эквивалент аналого-цифровым преобразователем АЦП. Величина и знак выходного сигнала АЦП соответствуют значению и направлению смещения оси ТВП и середины "скрытого" стыка. При совпадении измеренное АЦП напряжение равно нулю. Этот признак используется для управления искровым разрядником, который маркирует на поверхности изделия положение середины "скрытого" стыка.

Для контроля положения оси невидимой контактной площадки в сотовой конструкции из немагнитных материалов создана система контроля "Стык – 3", которая состоит из токовихревого датчика, первичного преобразователя сигнала и персонального компьютера. Результаты измерений непрерывно отображаются на дисплее. В контролируемой сотовой конструкции толщина листа может достигать 2 мм, а расстояние между контактами – не менее 15 мм.

Контроль и автоматическое регулирование процесса электронно-лучевой сварки. Сопровождающие электронно-лучевую сварку электромагнитное излучение и вторичная эмиссия заряженных частиц могут быть использованы для контроля и автоматического регулирования процесса сварки. Рентгеновское и световое излучения несут непосредственную информацию о состоянии поверхности сварочной ванны, а радио – и СВЧ – излучения – косвенную, усредненную информацию о поведении сварочной ванны. Практически для контроля и регулирования процесса сварки может быть использовано лишь рентгеновское излучение. Однако системы контроля и регулирования процесса электронно-лучевой сварки с использованием рентгеновских датчиков для промышленного применения пока не разработаны.

Поток вторично – эмиссионных заряженных частиц, возникающих при ионизации пара электронным пучком, имеет определенную информацию о состоянии поверхности паро-динамического канала в сварочной ванне. Для приема части потока частиц применяют обычно кольцевые металлические пластины (коллекторы) открытого типа и закрытого, устанавливаемые соосно с электронным пучком над зоной сварки. Разделение вторичных электронов и ионов осуществляется подачей на коллектор соответственно положительного или отрицательного электрического потенциала, $E = 80 \dots 200 \text{ В}$.

Экспериментально установлена сильная зависимость от уровня фокусировки электронного пучка мощностью до 5 кВт частоты пульсаций как ионного, так и электронного токов вторичной эмиссии. Так, при изменении фокусировки электронного пучка постоянной мощности частота пульсаций ионного тока прямо пропорциональна глубине проплавления, а при изменении мощности пучка с неизменной фокусировкой или скорости сварки – обратно пропорциональна.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан прибор ОЛ131 для стабилизации уровня фокусировки электронного пучка при сварке металлов толщиной менее 30 мм (в комплекте с коллектором ионов ОЛ139). Прибор предназначен для работы вместе с энергоблоком У250А (30кВт, 15кВт); также возможно его использование с энергоблоками ЭЛА – 15, ЭЛА – 30, ЭЛА – 60/60, ЭЛА – 60Б, ЭЛА – 60В. В состав прибора входит источник тока фокусирующей линзы сварочной пушки и имитатор сигналов ионного тока. Прибор имеет два основных режима работы – ручной и автоматический. В ручном режиме оператор устанавливает силу тока фокусирующей линзы пушки и в процессе сварки контролирует уровень фокусировки электронного пучка по частоте ионного тока. В автоматическом режиме в процессе сварки фокусировка пучка автоматически поддерживается на заданном уровне. При этом компенсируются нарушения уровня фокусировки пучка относительно поверхности свариваемого изделия, вызванные изменением расстояния между сварочной пушкой и изделием, износом катода пушки, нестабильностью электрических параметров энергоблока (например, ускоряющего напряжения) и др.

Контроль положения фокуса электронного пучка. В Институте электросварки им. Е. О. Патона разработан новый метод непосредственного определения положения фокуса тонкого аксиально – симметричного электронного пучка высокой мощности. Метод является модификацией известного метода прямого края пластины и обеспечивает высокую точность контроля и большую долговечность датчика при мощности электронного пучка менее 100 кВт. На основе этого метода контроля создано устройство "Дельта – 1", состоящее из датчика и электронного блока. Датчик располагается в вакуумной камере на расстоянии 20...40 мм от оси электронного пучка. Устройство измеряет диаметр электронного пучка при импульсном его отклонении на датчик. Минимальный диаметр электронного пучка соответствует его фокусировке на уровне датчика. Контроль диаметра электронного пучка можно осуществлять и во время технологического процесса (сварка, резка, наплавка, обработка) без нарушения его качества.

4. Техническая характеристика устройства "Дельта – 1" приведена ниже.

Точность измерения диаметра электронного пучка, %... +5

Точность контроля положения фокусировки +2% (или +2,5 мм при рабочем расстоянии 150...200 мм)

Точность определения тока магнитной линзы, соответствующего фокусировке электронного пучка на уровне датчика (АСУ) установками для электронно-лучевой сварки включает:

управляющий вычислительный комплекс З(УВК) СМ – 1810 с видеотерминалом 10 и цифро-печатающим устройством 11 энергетический комплекс, состоящий из аппаратуры 6 ЭЛА60Б с электронно-лучевой сварочной пушкой;

электропривод 1 "Размер 2М – 5", укомплектованный асинхронными двигателями;

модули связи 4 сервопривода с управляющей ЭВМ, представляющие собой функционально законченные, логические устройства нижнего уровня управления приводами перемещения манипуляторов 8 пушки и 9 изделия;

блок 2 электро-автоматики, состоящий из панелей гальванической развязки и кроссовой, приборов 7 цифрового измерения скорости вращения электродвигателей;

пульт 5 ручного управления сервоприводом.

АСУ установки реализует последовательно следующие задачи технологического процесса электронно-лучевой сварки: подготовку, сварку, завершение. На стадии подготовки осуществляется: проверка работоспособности УВК, энергетического комплекса и электропривода; ввод с пульта видеотерминала заданных параметров режима сварки; контроль глубины вакуума в сварочной камере и пушке; совмещение электронного пучка со стыком свариваемого изделия с запоминанием реальной траектории стыка.

На стадии сварки управление процессом осуществляется выдачей установок на локальные регуляторы по заданию оператора (в полуавтоматическом режиме работы) или по жесткой программе (в режиме "автомат"). Основными параметрами процесса являются: сила тока электронного пучка, фокусирующей линзы; амплитуда технологической развертки; скорость сварки. В процессе сварки обеспечиваются: контроль и регистрация отклонений параметров процесса выше допустимых значений; контроль и учет высоковольтных пробоев в пушке с определением координат на стыке свариваемого изделия; аварийное завершение процесса.

На стадии завершения выдается рапорт с отражением нарушений или отклонений, имевших место в процессе сварки.

Установка с АСУ позволяет реализовать заданное количество сварных соединений заодно вакумирование. Постоянная потребность в наращивании функциональных возможностей вычислительной системы создала предпосылки для нового подхода к проектированию системы в виде ряда функций, получившей название функциональной архитектуры. Отдельные элементы, реализующие законченные функции, получили название модулей функциональной архитектуры. Появилась новая структура построения сложных автоматизированных систем управления, в основу которых закладываются иерархические звенья, обеспечивающие децентрализованное выполнение функций.

На основе такого подхода разрабатывают перспективные рассредоточенные микропроцессорные системы управления, в состав которых входят микропроцессоры МП и узлы ввода – вывода аналоговой и дискретной информации, перепрограммируемая и оперативная память. Такие микропроцессорные системы в связи с объектом получили название активные и предназначенные для работы в составе АСУ. Наличие микропроцессора позволяет установить такие модули в локальных узлах объекта управления и осуществлять управление исполнительными органами $v_9j \dots v_9n$ объекта, реализовывать необходимые законы регулирования, оптимизировать процесс, а также иметь возможность работы, как в автономном режиме, так и под управлением ЭВМ более высокого уровня, используя дистанционные каналы связи.

Децентрализованные системы управления, используя принцип параллельной обработки информации, обеспечивают высокое быстродействие системы управления технологическим процессом и дают возможность наиболее рационально и эффективно распределить ресурсы системы, а также упрощают разработку программного обеспечения.

Наиболее оптимальным вариантом использования в качестве управляющих микро ЭВМ (верхний уровень управления) в разработках АСУ являются специализированные (профессиональные) ЭВМ, имеющие наиболее простую структуру, необходимый и достаточный объем памяти, ограниченную разрядность слов, обладающие повышенной надежностью и создаваемые для автоматизации конкретных объектов управления и технологических процессов. Специализированные ЭВМ должны обладать

малыми габаритными размерами, высокой надежностью, низкой стоимостью, простотой обслуживания и управления.

Наличие в составе специализированной микро ЭВМ встроенного видео терминала и пульта управления, ориентированных функционально для управления сварочным процессом, дают возможность приблизить работу оператора к реальной работе технолога – сварщика. Специализированные ЭВМ могут успешно использоваться для модернизации системы управления на действующих в производстве промышленных установках электронно-лучевой сварки.

Дальнейшее совершенствование электронно-лучевой сварочной аппаратуры, как объекта управления активного типа, в части децентрализации его системы, а также совершенствование микропроцессорных средств связи позволит перейти на двухуровневую систему микропроцессорного управления нового поколения.

Контрольные вопросы

1. Что называется СПУ сварочными процессами?
2. Из каких элементов состоит СПУ при дуговой сварке неплавящимся электродом?
3. Какие параметры сварки не изменяются при работе автомата при сварке под флюсом?
4. В чем отличие СПУ при сварке плавящимся и неплавящимся электродом?
5. По какому закону изменяется управляющее напряжение при электронно-лучевой сварке?