

Памятка

Уважаемые студенты, вам необходимо прочитать данную лекцию, выполнить все требования письменно в рабочей тетради. Выполненную работу - прислать фото отчет на электронную почту преподавателя, (с 09.02.2023 по 10.02.2023). В дальнейшем по окончании семестра принести для проверки.

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

Лекция

Тема: Системы автоматического регулирования проплавления при плазменной сварке

Цель: научиться управлять системами автоматического регулирования проплавления при плазменной сварке

План

1. Типовые схемы САР проплавления
2. Система автоматического регулирования проплавления с воздействием на пространственное положение дуги.
3. Управление качеством проплавления стыка при электронно-лучевой сварке с помощью эмиссионного датчика.

1. Типовые схемы САР проплавления

При наличии информации о качестве проплавления для построения САР необходимо правильно выбрать регулирующее воздействие. Это может быть один параметр: сварочный ток, скорость сварки, амплитуда поперечных колебаний электрода, скорость подачи электродной проволоки. В более сложных случаях требуется комбинированное регулирование: ток – скорость сварки, скорость подачи электрода – длина вылета, ток – амплитуда поперечных колебаний и т.д.

САР проплавления с воздействием на питающую систему. В качестве датчиков проплавления в данной схеме используется чувствительный элемент – фотоприемник ФП, в качестве фотозлемента которого могут быть использованы фотосопротивления, фотодиоды, фототриоды, фотоумножители (полупроводниковые элементы,

функционирование которых зависит от наличия или отсутствия освещенности).

На практике хорошо зарекомендовали себя фотодиоды типа ФД германиевого и кремниевого исполнения.

САР проплавления с воздействием на пространственное положение дуги. Используют при сварке поворотных кольцевых труб с V – образной разделкой кромок

Пространственное положение дуги изменяют, вводя поперечные колебания сварочной горелки с помощью фотоприемника

САР проплавления при ЭЛС с помощью эмиссионного датчика. Применяют замкнутые САР тока пучка на частоте пиков напряжения вторичной эмиссии.

Принцип действия системы предусматривает улучшение формирования шва путем исключения взаимодействия электронного луча с парами металла, выделяемыми из сварочной ванны. При этом улучшаются условия формирования сварного шва.

При плазменной сварке известен способ регулирования проплавления по контролю с обратной стороны изделия параметров **факела** ионизированных газов (см. рисунок 1). Параметры факела измеряют **либо** с помощью фотоэлемента $\Phi Э$ (см. рисунок 1,а), **либо** по разности потенциалов **между** свариваемым изделием 1 и искусственно вводимой под деталь контактной подложкой 2 (см. рисунок 1, б).

Экспериментально установлена линейная зависимость между шириной обратного валика и измеряемыми параметрами факела.

При наличии информации о качестве проплавления для построения системы регулирования в каждом конкретном случае необходимо еще правильно выбрать регулирующие воздействия. В простейшем случае это может быть один параметр, например ток (в непрерывном и импульсном режимах), скорость сварки, амплитуда поперечных колебаний электрода, а также параметры магнитной системы при управлении дугой магнитным полем, скорость подачи электродной проволоки и т. д. В более сложных случаях требуется комбинированное управление (ток – скорость сварки, скорость подачи электрода – длина вылета, ток – амплитуда поперечных колебаний и т. д.).

При выборе регулирующего воздействия (воздействий) необходимо всесторонне проанализировать влияние его на качество сварного соединения – форму шва, структуру металла, зону термического влияния и т. д. Иногда для эффективного регулирования требуется не только правильно выбрать регулирующее воздействие и подобрать остальные параметры режима сварки, но и применять дополнительные технологические приемы, расширяющие возможности способа сварки.

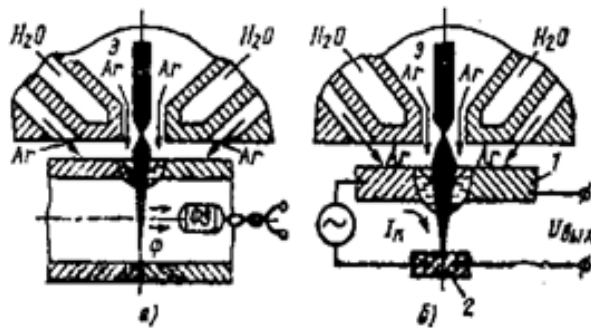


Рисунок 1 – Способы контроля проплавления при плазменно-дуговой сварке

К ним можно отнести повышение пространственной устойчивости дуги (например, наложением на нее коротких по длительности импульсов или магнитного поля), управление кристаллизацией металла шва с помощью электромагнитного перемещения (ЭМП), удержание металла сварочной ванны с помощью магнитного поля, управление пространственным положением дуги относительно линии стыка с помощью механических и электромагнитных устройств.

Особое внимание при создании автоматического оборудования заслуживают способы сварки с периодически изменяющимся током. Основные из этих способов: импульсно – дуговая сварка со свободной и проникающей дугой; импульсно – дуговая сварка плавящимся и неплавящимся электродами; сварка модулированным током.

Рассмотрим некоторые типовые системы автоматического регулирования проплавления, построенные на основе описанных выше решений.

Системы автоматического регулирования проплавления с воздействием на питающую систему

Функциональная схема САР представлена на рисунке.2. В качестве датчика проплавления может быть использован один из рассмотренных выше фотоэлектрических датчиков. Чувствительными элементами в них могут быть фотосопротивления, фотодиоды, фото умножители, фото триоды. На практике хорошо себя зарекомендовали фотодиоды типа ФД германиевого и кремниевое исполнения. Они более температура-стабильны. Для выделения лучистого потока, соответствующего зоне расплавленного металла, в конструкциях датчиков используют узкие диафрагмы и светофильтры.

С фотодатчика ФЭ сигнал I_{Φ} , пропорциональный проплавлению, после сравнения с установкой U_3 , вырабатываемой блоком БУ, усиливается и поступает в блок суммирования БС. В БС суммируются напряжение пилы, вырабатываемое генератором пилы ГП, и усиленное напряжение $kU_{ВХ}$. Суммарный сигнал поступает на три идентичные схемы управления $СУ_1 - 3$, на выходах которых формируются импульсы управления тиристорами $V_7 - V_{12}$.

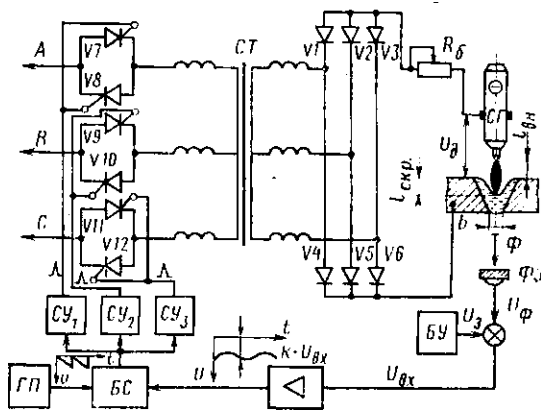


Рисунок 2 – Система автоматического регулирования проплавления стыка с воздействием на питающую систему через тиристорный регулятор

Последние в рассматриваемом варианте схемы включены по высокой стороне сварочного трансформатора CT . Временное положение импульсов пропорционально входному напряжению $U_{вх}$, т. е. рассогласованию между измеряемым параметром (например, шириной обратного валика b) и установкой по этому параметру.

Получение управляющего воздействия более подробно иллюстрируется временной диаграммой, приведенной на рисунке 3, *а*. На схеме рассмотрена обработка рассогласования для двух форм ВАХ источника питания – жесткой (см. рисунок 3, *б*) и штыковой (см. рисунок 3, *в*) при возмущении по ширине обратного валика b в случае $\Delta b > 0$.

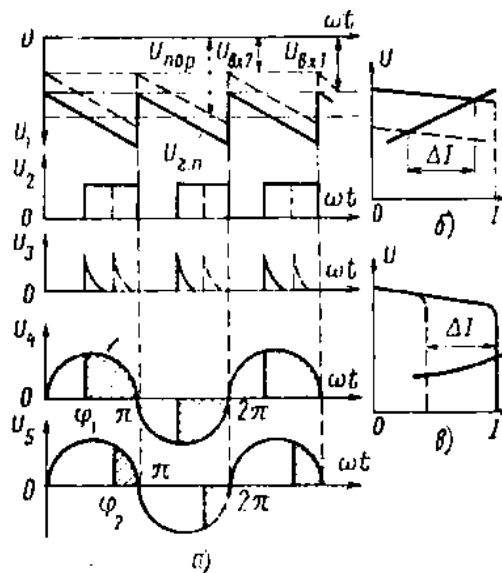


Рисунок 3 – Временная диаграмма формирования сигнала управления в САР проплавления

Напряжение $U_{вх1} = k(U_{\phi} - U_3)$ соответствует невозмущенному сигналу с фотодатчика. Ему также соответствует оптимальная ширина обратного валика $b_{он-м}$.

При появлении возмущения по обратному валу ($\Delta b > 0$) сигнал на выходе усилителя изменится до напряжения U_{BX2} . В блоке БС (см. рисунок 4) он суммируется с напряжением $U_{2.n}$ генератора пилы.

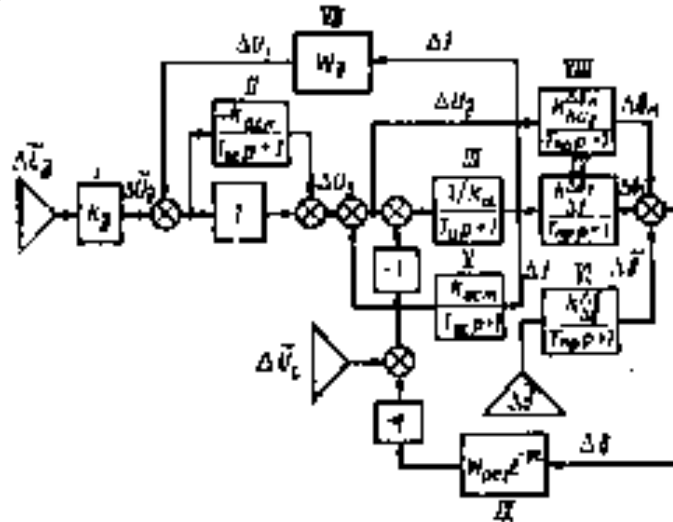


Рисунок 4 – Структурная схема САР проплавления с воздействием на питающую систему

При совпадении уровня суммарного сигнала $U_{2.n} + U_{BX}$ с напряжением в схемах управления CV_{1-3} формируются прямоугольные импульсы U_2 . На управляющие электроды тиристоров $V7 - V12$ поступают положительные импульсы U_3 , получаемые на выходе CV путем дифференцирования прямоугольных импульсов U_2 . Открытие тиристоров в момент появления положительных импульсов обеспечивает прохождение через сварочный трансформатор сигналов в виде напряжений U_4 и U_3 .

Статические и динамические характеристики регулятора можно проанализировать, как и выше, с помощью структурной схемы. Особенностью ее в этом случае является необходимость учета в структурной схеме объекта передаточной функции гидродинамического и теплового звена сварочной ванны.

Если зона визирования фотодатчика располагается в хвостовой части сварочной ванны, что нередко делают с целью предотвращения повреждения входного «зрачка» фотодатчика расплавленным металлом при прожогах, то учет гидродинамического звена в структурной схеме объекта необязателен. В структурную схему регулятора при этом вводят звено запаздывания ε^{-pT} , которое учитывает запаздывание между управляющим сигналом и управляющим воздействием.

Структурная схема для этого случая с введением в источнике питания отрицательной ОС по току (звено V) положительной ОС по напряжению (звено II) приведена на рисунке 4. Параметр Δb отражает действие одного из технологических возмущений, например, по толщине свариваемого материала. Он через передаточную функцию (ПФ) звена VI приводится к возмущению по ширине обратного валика Δb .

ПФ сварочной ванны в схеме задана аperiodическими звеньями *IV* и *VIII*, характеризующими влияние приращений тока ΔI и напряжения ΔU_R дуги на изменение обратного валика b . Звено *IX* содержит ПФ регулятора с запаздыванием ε^{-pT} . Звенья *VII* и *III* отражают ПФ дуги и источника питания без обратных связей. Коэффициент k_d в звене *I* – коэффициент приведения возмущения по длине дуги Δl_d к возмущению по напряжению дуги ΔU_d . Параметр AU_G – возмущение по напряжению сети.

Аналогичная система регулирования проплавления с воздействием на источник питания (обмотку возбуждения сварочного генератора) реализована и для сварки плавящимся электродом. При разработке этой системы была исследована динамика связи температура – глубина проплавления – сигнал на выходе фотодатчика при сварке с неполным проплавлением. Отмечена необходимость учета для этого случая в ПФ шва, помимо аperiodического звена, звена запаздывания e^{-pT} с постоянного времени T , зависящей от теплофизических констант материала и толщины свариваемой детали. Система выполнена на базе серийного сварочного аппарата АДС – 1000 – 2. Проплавление шва при сварке кольцевых поворотных стыков контролируется фотоэлектрическим датчиком. Неизменность зоны визирования на пятне проплавления поддерживает дополнительная синхронно – следящая система, привод которой размещен на телескопической штанге, вводимой внутрь свариваемой обечайки.

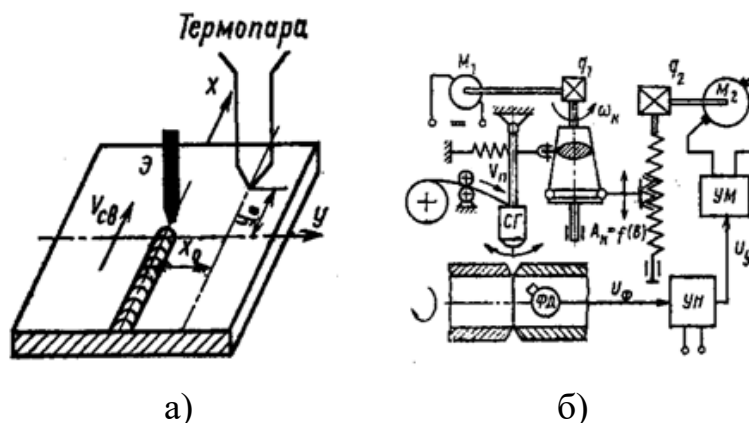


Рисунок 5 – а) Измерение температуры около шовной зоны с помощью хромель – копелевой термопары б) Функциональная схема регулятора проплавления с воздействием на пространственное положение дуги

Систему регулирования проплавления с использованием в качестве датчика температуры в около шовной зоне подвижной хромелькопелевой термопары испытывали на алюминиевых сплавах и коррозионностойких сталях. Схема расположения датчика показана на рисунке 5. Координаты x и y расположения термопары выбирают из условия максимальной корреляции между измеряемой температурой в каждый текущий момент и параметрами шва. Структура системы

регулирования может быть аналогичной структуре выше рассмотренных систем. Преимуществом использования термопары является незначительное влияние излучения дуги, простота компоновки и конструкции узлов датчика. Недостаток – значительная инерционность самого датчика и запаздывание на 1 – 3с в передаче информации между сварочной ванной и датчиком. Если термопару формирует свариваемый металл и вспомогательный стержень (контактный шуп), то материал последнего необходимо подбирать индивидуально для каждой марки стали основного металла. Необходимо отметить также малую долговечность таких датчиков из-за скользящего контакта.

2. Система автоматического регулирования проплавления с воздействием на пространственное положение дуги.

САР используют при сварке в CO_2 поворотных кольцевых стыков труб с V – образной разделкой кромок. Пространственное положение дуги изменяют, вводя поперечные колебания электрода. Функциональная схема системы приведена на рисунке.13.6. Датчик системы – фотодиод $\Phi Д$ располагают внутри свариваемых труб и визируют на формируемый корень шва. На выходе датчика формируется сигнал, пропорциональный размерам обратного валика. При отклонении размеров валика от номинального в системе вырабатывается сигнал рассогласования $U_v = k (U^{\wedge} - U_a)$, который после усиления в блоках УН и УМ приводит в движение двигатель $M2$. Последний через редуктор μ_z перемещает в вертикальном направлении профилированный кулачок и изменяет амплитуду колебаний сварочной горелки $СГ$ как функцию сигнала рассогласования. С увеличением проплавления амплитуда колебаний также увеличивается, тепловой поток от дуги рассредоточивается по большей площади, проплавление стыка возвращается к заданному. В некоторых случаях механические устройства для колебания электрода могут быть заменены магнитными. Наложение знакопеременного магнитного поля вдоль оси шва вызывает поперечные колебания дуги. Изменяя параметры магнитного поля (напряженность), можно изменить амплитуду поперечных колебаний дуги,

3. Управление качеством проплавления стыка при электронно-лучевой сварке с помощью эмиссионного датчика.

Для регулирования проплавления при электронно-лучевой сварке применяют замкнутые системы регулирования тока луча по частоте пиков напряжения вторичной эмиссии. Функциональная схема установки приведена на рисунке 6. Входным сигналом на регулятор является напряжение U_n , снимаемое с нагрузки R_d в цепи датчика $Д$ вторичной эмиссии. После усиления это напряжение через устройство связи $УС$ поступает на модулятор $Мод$ и воздействует на управляющий электрод $УЭ$ сварочной пушки. Автоколебательный характер механизма проплавления, вызванный характером процесса

взаимодействия электронного луча с парами металла, успешно можно контролировать по напряжению U_R .

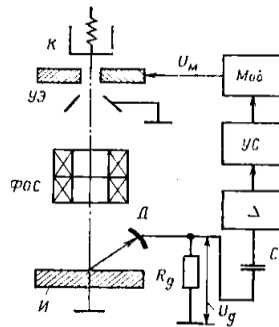


Рисунок 6 – Схема регулирования тока луча по частоте пиков напряжения датчика вторичной эмиссии: I – свариваемое изделие; K – катод электронной пушки; ΦOC – фокусирующая система электронной пушки

Принцип действия системы предусматривает улучшение формирования шва путем исключения взаимодействия луча с парами металла, выделяемыми из сварочной ванны. Известно, что максимум напряжения U_n наблюдается в момент, когда плотность паров максимальная и в наибольшей степени оказывается влияние их взаимодействия с электронами пучка на возникновение пор и раковин. В это время напряжением на выходе модулятора U_M пушка запирается, и, таким образом, исключается взаимодействие паров с лучом.

После эвакуации газов из канала $U_n \rightarrow 0$, и процесс проплавления повторяется. Другими словами, осуществляется импульсный режим сварки, но вместо установки параметров режима вручную в соответствии с экспериментальным их подбором система автоматически настраивается на необходимую частоту прерывания электронного луча по частоте пиков U_n . При этом улучшаются условия формирования шва. Применение рассмотренной системы управления способствует улучшению качества сварных швов. Она автоматически настраивается на требуемый режим импульсной сварки, поскольку временные параметры режима определяются частотой пиков напряжения U_n , косвенно характеризующего механизм проплавления.

Контрольные вопросы

1. Какое устройство используют для стабилизации тока сварки?
2. В чем принципиальное отличие между структурными схемами регуляторов сварочного тока и напряжения на электродах?
3. Каким может быть регулирующее воздействие для построения САР в каждом конкретном случае?
4. Что используется в качестве датчиков в САР проплавления с воздействием на питающую систему?
5. Какой режим сварки осуществляется с помощью САР ЭЛС?