

Лабораторная работа №4.

Экспериментальное определение коэффициентов передачи процесса дуговой сварки плавящимся электродом.

1. Цель работы: освоить методику экспериментального исследования точности систем автоматического регулирования при воздействии возмущений на примере системы саморегулирования процесса дуговой сварки плавящимся электродом.

2. Воздействие возмущений на процесс автоматической сварки плавящимся электродом.

Устойчивость процесса сварки плавящимся электродом с постоянной скоростью подачи проволоки обеспечивается явлением саморегулирования. Это позволяет рассматривать процесс сварки как систему автоматического регулирования и производить анализ этого процесса методами автоматического регулирования.

Система регулирования процесса сварки плавящимся электродом состоит из механизма подачи электрода, дуги и источника питания. Механизм подачи электрода в данном случае является задающим органом, а независимая от параметра процесса постоянная скорость подачи электрода представляет собой управляющее воздействие. В процессе плавления электрода эта заданная скорость подачи сравнивается со скоростью его плавления. Разность скоростей подачи и плавления преобразуется в дуговом промежутке, дуге и в источнике питания в такое значение сварочного тока, при котором обеспечивается равенство скоростей подачи и плавления электрода. Цепочку преобразований параметров сварочного процесса можно представить в виде структурной схемы, состоящей из динамических звеньев и которая в упрощенном виде представлена на рис. 1. Звено W_1 изображает преобразование разности скоростей подачи и плавления электрода в напряжение дуги, звено W_2 - напряжения дуги в сварочный ток, звено W_3 - сварочного тока в скорость плавления электрода. Выходными параметрами процесса сварки являются ширина шва и глубина проплавления металла, которые зависят от тока и напряжения дуги. Звенья W_4 и W_5 изображают преобразование тока дуги соответственно в ширину шва и глубину проплавления, а звенья W_6 и W_7 - напряжения дуги в указанные характеристики шва.

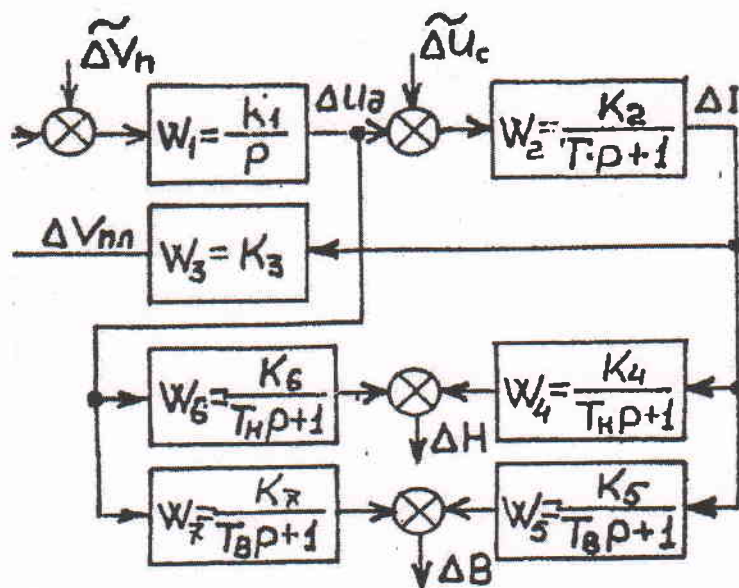


Рис. 1. Структурная схема процесса саморегулирования при дуговой сварке плавящимся электродом.

Наиболее важными возмещениями при дуговой сварке плавящимся электродом являются, нестабильность скорости подачи электродной проволоки и напряжения в питающей сети, которые преобразуются системой саморегулирования в нестабильность размеров сварного шва.

Точки приложения этих возмущений указаны на структурной схеме системы (рис.1). В общем случае возмущения являются случайными отклонениями и характеризуются спектральными плотностями этих воздействий. Достаточно точно воздействие возмущений можно охарактеризовать величиной установившихся ошибок, вызываемых, этими возмущениями. Ошибка, вызванная возмущением, зависит от величины возмещения и передаточной функции системы по данному возмущению. Процесс дуговой сварки плавящимся электродом имеет следующие передаточные функции по возмущениям:

- скорости подачи электрода:

$$W_V^H(p) = \frac{\Delta H(p)}{\Delta V(p)} = \frac{W_1 \cdot (W_7 + W_2 \cdot W_5)}{1 + W}$$

$$W_V^B(p) = \frac{\Delta B(p)}{\Delta V(p)} = \frac{W_1 \cdot (W_6 + W_2 \cdot W_4)}{1 + W}$$

- по напряжению холостого хода источника питания:

$$W_U^H(p) = \frac{\Delta H(p)}{\Delta U(p)} = \frac{W \cdot W_7 + W_2 \cdot W_5}{1 + W}$$

$$W_U^B(p) = \frac{\Delta B(p)}{\Delta U(p)} = \frac{W \cdot W_6 + W_2 \cdot W_4}{1 + W}$$

где $\Delta H(p), \Delta B(p)$ - приращения глубины проплавления и ширины шва,

$\Delta V(p), \Delta U(p)$ - приращения скорости подачи электрода и напряжения холостого хода источника питания,

$W = W_1 \cdot W_2 \cdot W_3$ - передаточная функция разомкнутой системы процесса саморегулирования.

В установившемся режиме, когда $p \rightarrow 0$, систему удобно оценивать коэффициентом передачи по возмущению, который может быть получен путем постановки оператора $p = 0$ в передаточную функцию по возмущению. При такой постановке инерционное звено $W_2(p)$ заменяется его коэффициентом передачи, а интегрирующее преобразуется в бесконечно большую величину. С учетом этих особенностей можно выразить коэффициенты передачи системы саморегулирования по возмущениям следующим образом:

- по скорости подачи электрода:

$$K_V^H = \frac{1}{K_3} \left(\frac{K_7}{K_2} + K_5 \right) = \frac{\Delta H}{\Delta V}$$

$$K_V^B = \frac{1}{K_3} \left(\frac{K_6}{K_2} + K_4 \right) = \frac{\Delta B}{\Delta V}$$

-по напряжению холостого хода ИП

$$K_U^H = \frac{\Delta H}{\Delta U} = K_7$$

$$K_U^B = \frac{\Delta B}{\Delta U} = K_6$$

Аналитическое определение коэффициентов K_4 , K_5 , K_6 и K_7 затруднительно, поэтому их целесообразно определить экспериментальным путем. Значение этих коэффициентов зависит от режима сварки, толщины и свойств свариваемого металла.

Анализ коэффициентов воздействия возмущений показывает, что уменьшить влияние нестабильности скорости подачи электрода на размеры сварочного шва можно увеличив коэффициент передачи K_2 - зависящей от наклона вольтамперной характеристики источника питания дуги, и увеличив коэффициент передачи K_3 , зависящий от диаметра и марки электродной проволоки, ее температуры, длины вылета и режима сварки. Уменьшить влияние нестабильности напряжения в питающей сети на ширину шва и глубину проплавления можно только увеличив коэффициент K_3 .

При выборе режима сварки и используемого оборудования следует стремиться к получению возможно значения коэффициентов воздействия возмущений $K_V^H, K_V^B, K_U^H, K_U^B$.

2. 1. Методика определения коэффициентов передачи динамических звеньев, саморегулирования дуги.

Для определения коэффициентов передачи динамических звеньев, входящих в систему саморегулирования процесса дуговой сварки плавящимся электродом необходимо искусственно отклонить параметры процесса сварки от их нормального значения. Отношение приращения параметра процесса на выходе соответствующего звена к приращению параметра на входе этого звена является коэффициентом передачи данного звена. Не имеет значения, по какой причине не возникнет отклонение параметров процесса, важно только, чтобы отклонения всех параметров процесса сварки имели бы относительно небольшое значение (не более 10-15% значения параметра). В качестве таких отклоняющих параметров при дуговой сварке удобно использовать напряжение холостого хода источника питания скорость подачи электрода. Искусственное отклонение одного из этих параметров приведет к отклонению всех остальных параметров сварочного процесса, что позволяет определить путем непосредственного измерения отклонения напряжения и тока дуги и вычислить коэффициенты передачи источника питания сварочной дуги

$$K_2 = \frac{\Delta U}{\Delta i} \left[\frac{b}{a} \right]$$

где ΔU и Δi возникшие отклонения напряжения дуги и сварочного тока.

Коэффициент передачи, связывающий отклонение скорости плавления электрода с отклонением сварочного тока, можно определить только при искусственном отклонении скорости подачи электрода, так как изменение напряжения холостого хода источника питания не приводит к заметному изменению сварочного тока. Учитывая, что в установившемся режиме скорость плавления точно равна скорости подачи электрода, этот коэффициент можно вычислить отношение приращений скорости подачи ΔV и сварочного тока

$$K_3 = \frac{\Delta V}{\Delta i} \left[\frac{\text{см}}{(\text{сек} \cdot \text{а})} \right]$$

Для определения коэффициентов $K_4 - K_7$ необходимо определить изменение ширины шва и глубины проплавления при искусственном отклонении напряжения и тока дуги, для чего следует изготовить макрошлифы соединений, полученных при варьировании скорости подачи электрода и напряжения холостого хода источника питания. Основной трудностью при определении этих коэффициентов является невозможность их вычисления по данным одного опыта, так как изменение искусственно отклоняемых параметров приводит к одновременному отклонению, как сварочного тока, так и напряжения дуги. Поэтому результат опыта - изменение размеров шва, оказывается результатом суммарного воздействия отклонений тока и напряжения. Вычислить коэффициент $K_4 - K_7$ можно по результатам двух опытов, в первом из которых искусственно отклоняется скорость подачи электродной проволоки, а во втором - напряжение холостого хода источника питания - решая следующие системы уравнений:

- для коэффициентов воздействия на ширину шва

$$\begin{cases} K_4 \Delta i_V + K_6 \Delta U_V = \Delta B_V \\ K_4 \Delta i_U + K_6 \Delta U_U = \Delta B_U \end{cases}$$

- для коэффициентов воздействия на глубину проплавления

$$K_5 \Delta i_V + K_7 \Delta U_V = \Delta B_V$$

$$K_5 \Delta i_U + K_7 \Delta U_U = \Delta B_U$$

где

$\Delta i_V, \Delta U_V, \Delta B_V, \Delta H_V$ - отклонения сварочного тока, напряжения дуги, ширины шва и глубины проплавления, подученные в опыте, с искусственным отклонением скорости подачи электрода;

$\Delta i_U, \Delta U_U, \Delta B_U, \Delta H_U$ - результаты опыта при искусственном отклонении напряжения холостого хода источника питания.

По результатам указанных двух опытов можно непосредственно определить коэффициенты воздействия возмущений на размеры шва:

$$K_V^H = \frac{\Delta H_V}{\Delta V} [\text{сек}]; K_V^B = \frac{\Delta B_V}{\Delta V} [\text{сек}];$$

$$K_U^H = \frac{\Delta H_U}{\Delta U} \left[\frac{\text{мм}}{B} \right]; K_U^B = \frac{\Delta B_U}{\Delta U} \left[\frac{\text{мм}}{B} \right]$$

Ввиду нелинейности зависимостей, связывающих параметры сварочного процесса, числовое значение коэффициентов передачи зависит от величины параметров процесса сварки. Поэтому необходимо - указать числовое значение параметров процесса, при которых были получены коэффициенты. Каждый из коэффициентов передачи зависит от определенных параметров процесса. Для коэффициента K_2 описывающего связь между током и напряжением дуги, необходимо указать тип источника питания и его настройку, а также величину сварочного тока. Для коэффициента K_3 , описывающего зависимость скорости плавления электрода от величины сварочного тока, необходимо указать марку и диаметр электродной проволоки, величину тока, длину вылета и скорость подачи. Для коэффициентов $K_4 - K_7$, связывающих геометрические размеры шва с током и напряжением дуги,

необходимо указать толщину и марку свариваемого металла, тип соединения, скорость сварки, коэффициент наплавки, а также ток и напряжение дуги.

Для экспериментального определения коэффициентов передачи необходимо собрать установку (рис.2), состоящую из источника питания дуги ИП, сварочной горелки СГ, устройства подачи сварочной проволоки УП, амперметра А для измерения сварочного тока, вольтметра V_1 для измерения напряжения дуги и тахометра ТХ, вращаемого посредством роликового механизма РМ, служащего для измерения скорости подачи электродной проволоки. Источник питания дуги и устройство подачи электродной проволоки должны позволять регулировать напряжение холостого хода и скорости подачи электрода.

3. Рабочее задание

1. Собрать установку для экспериментального определения коэффициентов передачи системы саморегулирования процесса дуговой сварки.

2. Произвести сварку трех образцов на режиме указанном преподавателем, причем первый образец при номинальных значениях скорости подачи электродов и напряжения холостого хода, второй - при увеличенном (или уменьшенном) на 15 % напряжении холостого хода источника питания, третий - при увеличении (или уменьшении) на 10% скорости подачи электродной проволоки. При сварке образцов зафиксировать величину тока и напряжения дуги.

3. Изготовить макрошлифы полученных сварных швов и измерить ширину шва и глубину проплавления.

4. По формулам, приведенным в п.2, вычислить коэффициенты передачи звеньев системы саморегулирования и коэффициенты воздействия возмущений на размеры шва.

4.Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель работы.

2. Таблицу параметров режима сварки, источника питания и свариваемых деталей.

3. Таблицу экспериментальных данных необходимых для вычисления коэффициентов системы саморегулирования.

4. Рисунки макрошлифов сварных швов, выполненных при номинальном решении и при отклонениях скорости подачи электрода и напряжения холостого хода источника питания.

5. Структурную схему системы саморегулирования процесса дуговой сварки плавящимся электродом с указанием числовых значений коэффициентов передачи динамических звеньев, вычисленных по экспериментальным данным.

6. Выводы о возможности уменьшения влияния нестабильности скорости подачи электрода и напряжения в лягающей сети на размеры сварного шва.

Литература

1. Бесекерский В. А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. "Наука", 1966.
2. Э. А.Гладков. Основы теории автоматизации сварочных процессов. Часть 1 .МВТУ им.Н.Э.Баумана,1976 г.

Контрольные вопросы.

1. Что изображает структурная схема системы саморегулирования процесса дуговой сварки плавящимся электродом?
2. Какие возмущения воздействуют на процесс дуговой сварки плавящимся электродом?
3. Что связывает между собой передаточная функция по возмущению? 4. Что такое коэффициент воздействия возмущения? 5. Чем отличается коэффициент воздействия возмущения от передаточной функции по возмущению?
6. Как можно уменьшить воздействие возмущений на размеры сварного шва? Какие технические изменения необходимо внести в процесс сварки?
7. Как экспериментально определить коэффициенты передачи динамических звеньев системы саморегулирования процесса дуговой сварки плавящимся электродом?
8. Почему необходимо указывать числовое значение параметров процесса сварки, при которых были получены коэффициенты передачи динамических звеньев?