ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 280 1975

АКТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В. А. ВЕРДОНОСОВ, В. И. ГОРБУНОВ, Ю. В. МАТВЕЕВ, А. П. ШПАГИН

(Представлена научным семинаром НИИ ЭИ)

Последние годы характеризуются интенсивным развитием сварочной науки и техники. Созданы новые способы сварки различных материалов, разработано более совершенное оборудование, глубоко изучены физико-химические явления при сварке. Вместе с тем усиленное развитие машиностроения, создание новых конструкционных материалов предъявляют к сварочному производству все более жесткие требования повышения надежности и долговечности сварных конструкций. Обеспечение выполнения этих требований порой выходит за пределы физических и психологических возможностей человека. Кроме того, сравнительно продолжительный межоперационный период времени между сваркой и контролем не позволяет оперативно использовать полученную информацию о качестве сварного шва для активного управления процессом сварки. Поэтому встает вопрос повышения эффективности механизированной сварки. Решение этого вопроса лежит в расширении областей применения автоматов, которые смогут успешно решать задачу оптимизации не только собственно сварки, но и всего комплекса предшествующих и следующих непосредственно за ней технологических операций. Иными словами, на повестку дня ставится актуальная проблема: создание систем активного контроля с обратными связями на технологический процесс.

Несмотря на известные достижения в создании физических методов неразрушающего контроля, все они еще остаются пассивными.

В задачи дефектоскопии должны входить не только отбраковка, но и активное влияние на производственный процесс путем контроля физических размеров дефектов, анализа колебаний их параметров в пределах допуска, выявления первых признаков ухудшения качества и выдачи управляющих команд по корректированию процесса. Это позволит не только регистрировать брак, но и предупреждать его [1]. Таким образом, контроль качества сварки из операции пассивной станет звеном собственно сварочного процесса. Своевременное выявление отклонений параметров режима сварки, надлежащее воздействие на него на основе обратных связей должны предотвратить саму возможность появления дефектов [2].

Качество шва, полученного с помощью автоматов, можно характеризовать шириной шва, степенью проплавления, наличием пор или раковин. В используемых в настоящее время системах (контроля проплавления, положения электрода относительно стыка и т. д.) регулируется не выходной параметр, которым является качество сварного шва, а лишь параметры, оказывающие на него влияние. Иначе говоря, в процессе

сварки отсутствует активный контроль качества шва, которое определяется не только электрическими параметрами дуги, но и рядом технологических факторов (изменением зазора в стыке, изменением формы разделки кромок, непостоянством толщины свариваемых материалов, некоторой неоднородностью в их химическом составе и т. д.). Так как указанные причины не влияют непосредственно на изменение регулируемых величин (напряжения, тока), системы регулирования режима по отношению к воздействию подобных возмущений оказываются разомкнутыми и компенсации ошибок, порожденных перечисленными факторами, не происходит.

Из вышесказанного следует, что дальнейшее повышение качества сварного шва может быть обеспечено внедрением в сварочное производство автоматических систем, обеспечивающих не только точную ориентацию сварочного электрода относительно стыка, глубину проплавления, но и самоприспособление режима сварки к произвольно изменяющимся внешним и внутренним условиям производства.

Для создания систем активного контроля процесса сварки необходимы надежные способы регистрации дефектов на стадии кристаллизации сварного шва. Скорость кристаллизации металла шва соизмерима со скоростью сварки, которая в зависимости от способа может изменяться в широком диапазоне. Если при электрошлаковой сварке, в зависимости от свариваемых толщин, скорость составляет порядка нескольких метров в час, то при дуговой сварке она изменяется в диапазоне от 10 до 160 м/час и более. Поэтому способы регистрации дефектов по скорости должны быть также соизмеримы со скоростью сварки, кроме того, способ должен обладать возможностью контроля при температуре кристаллизации металла сварного шва.

Поиск методов контроля, позволяющих с целью сокращения времени получения информации о качестве шва соизмерить операции сварки и контроля, привлекал внимание исследователей с давних пор. Применение охлаждаемых кассет при радиографии и температуре сварного шва ниже 900° С позволило на 50% сократить межоперационное время сварки и контроля [3], что, однако, не позволяет оперативно получать информацию о качестве сварного шва.

С целью сокращения цикла изготовления изделий [4] предлагается вести контроль шва ультразвуком в процессе сварки. С этой целью сварочный аппарат оснащается необходимым оборудованием. Три щупа располагаются на некотором расстоянии позади дуги и под различными углами по отношению к шву, что дает возможность определять дефекты разнообразной формы. Запись дефектов производится на диаграммную ленту самописца. Температура в месте контакта около 20° С. Контроль ведется через 60 сек после сварки. Шлак удалялся автоматически. Низкая температурная стойкость щупов не позволяет сократить время между сваркой и контролем, что, в свою очередь, не позволяет использовать полученную информацию для регулирования процесса, особенно при высоких скоростях сварки.

Анализ существующих способов для контроля непосредственно процесса сварки показал, что для решения поставленной проблемы могут быть применены такие методы контроля, как рентгеновский, магнитный, акустический, по инфракрасному излучению [5].

С точки зрения перспективности способа активного контроля качества сварных швов наиболее пригоден по своим достоинствам и относительной простоте технической реализации рентгено-телевизионный способ.

Примером удачного применения рентгено-телевизионного способа для контроля сварного шва изделий из стали толщиной до 10 мм в процессе сварки может служить система [6], где основным узлом является

рентген-видикон. О качестве сварного шва судят по изображению на мониторе либо прочерчивают график залегания дефекта как в горизонтальной (1-й монитор), так и в вертикальной плоскостях (на 2-м мониторе). Однако недостатки, присущие рентген-видиконам (ограниченный эффективный диапазон энергий рентгеновского излучения, инерционность), существенно ограничивают диапазон использования установки.

В НИИЭИ разработана схема установки для активного контроля качества сварных швов при сварке плавящимся электродом (рис. 1).

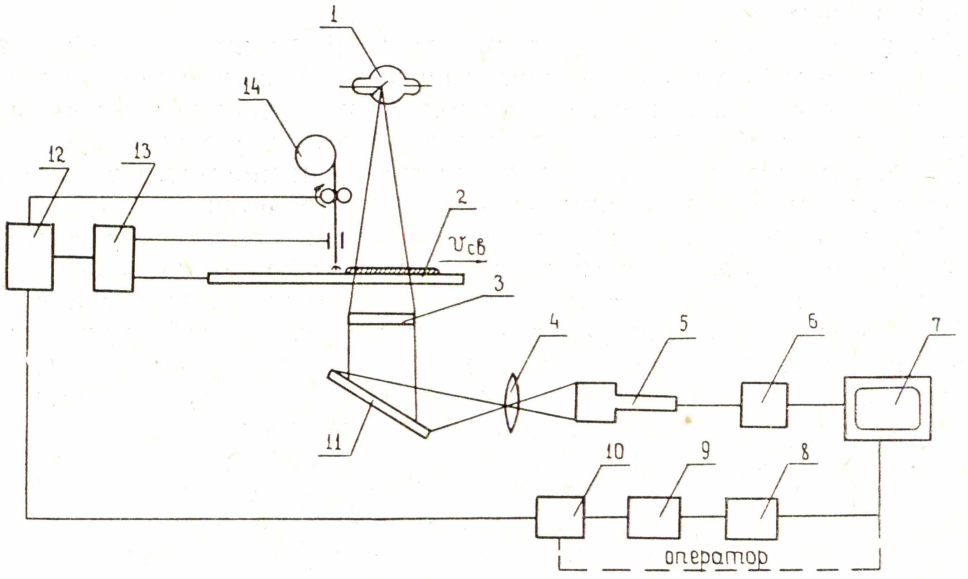

Рис. 1. Схема лабораторной установки для активного контроля качества сварных швов: *1* — источник излучения; *2* — свариваемый образец; *3* — монокристаллический экран; *4* — объектив; *5* — телевизионная передающая камера; *6* — канал связи; *7* — видеоконтрольное устройство; *8* — блок автоматического управления; *9* — блок обработки информации; *10* — пульт дистанционного управления; *11* — зеркало; *12* — шкаф управления сварочного аппарата; *13* — источник питания дуги; *14* — сварочная головка

Установка состоит из комплекса аппаратуры для сварки плавящимся электродом, рентгено-телевизионного интроскопа и пульта дистанционного управления процессом сварки *10*. Свариваемый образец *2* перемещается со скоростью сварки ($V_{св}$) от 15 до 100 м/час. Информация о качестве сварного шва снимается с сцинтилляционного монокристаллического экрана *3* диаметром 130 мм и толщиной 3 мм. Поворот оптической оси на 90° с помощью зеркала *11* с наружным покрытием уменьшает воздействие рентгеновского излучения на фотокатод суперизокона передающей телевизионной камеры *5*.

Схема предусматривает на первом этапе замыкание звеньев цепи *7—10* обратной связи по управлению качеством сварного соединения через оператор.

Экспериментатор судит о качестве сварного шва по изображению на экране видеоконтрольного устройства *7* и с помощью дистанционного управления процессом сварки *10* по показаниям приборов фиксирует фотокамерой показания о численных величинах параметров процесса. Таким образом, это позволит производить накопление необходимой информации о технологическом процессе. Обработка информации и оптимизация выдаваемых решений с использованием в ряде случаев электронных вычислительных устройств позволит создать вариант системы активного контроля [7], позволяющей объективно управлять качеством сварных швов изделий (звенья цепи *7—10* замыкаются через звено *8, 9*).

На основании исследований [8] по оценке влияния различных факторов, характеризующих технологию дугового сварочного процесса (вход), на характеристику качества сварного соединения (выход дугового процесса) были сделаны выводы, что на качество сварного соединения доля влияния подготовительного этапа (разработка конструкции изделия, выбор материала и технология сварки) на конечный исход оценивается в 80%. Качество соединения в процессе его сварки связано с отклонениями параметров конструкции, технологии и материалов от принятых средних значений. При этом целенаправленное влияние на качество соединения можно оказывать лишь путем регулирования режима сварки, как наиболее мобильного компонента дугового сварочного процесса.

Выводы

1. Применяемые системы контроля слежения за стыком, глубиной проплавления, стабилизацией сварочных режимов прогнозируют качество шва, но не гарантируют его.

2. Относительно продолжительный период времени между сваркой и контролем не позволяет использовать полученную информацию о качестве шва для управления процессом сварки.

3. Предлагаемая схема контроля позволяет получать информацию о качестве шва в процессе сварки.

4. Следует считать целесообразным направление работ в области автоматизации сварки, предусматривающее управление ее качеством посредством воздействия на параметры режима с помощью информации о качестве сварного соединения, полученной на стадии процесса сварки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Н. Ермолов, Щербинский В. Г. Современное состояние неразрушающих методов контроля сварных швов. «Сварочное производство», 1966, № 2.

2. Б. Е. Патон. Новые рубежи сварочной техники. «Сварочное производство», 1970. № 4.

3. Schiebold E., Becker E. Prüfung von Schweißnähten bei honen Temperaturen mit der Kühekassete. „Schweißtechnik" (DDR), N 11, 1961.

4. Werner Günther. Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung im mechanisirten Schweißbetrieb. „Schweißtechnik" (DDR), N 3, 1966.

5. New controls and in-process detectors improve weld guality. „Iron Age Metalworkin International", N 6, 1967.

6. Марикава Ясухиро. Рентгеноскопия сварных швов с использованием телевидения. «Хихакай КЭНСА, Iournal N.D.I», 1968, № 11.

7. Б. Е. Патон. Некоторые прогнозы развития сварки. «Автоматическая сварка», 1971, № 5.

8. В. Ф. Давиденко. Влияние исходных факторов дугового процесса на качество сварного соединения. «Автоматическая сварка», 1972, № 2.