

# АНАЛИЗ СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СТЫКОМ СВАРНОГО ШВА

Васильева Е.И. Email: Vasilieva691@scientifictext.ru

Васильева Елизавета Ивановна – магистр,  
кафедра электронного машиностроения,

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

**Аннотация:** в статье рассмотрены основные физические принципы следящих систем для процесса сварки: метод копирного регулятора, электромагнитное измерение, телевизионные модули, дуговые датчики и оптико-электронные регуляторы. Отображены достоинства и недостатки перечисленных методов. Также описана основная проблема работы технического зрения при активном технологическом процессе сваривания изделий. Проанализирована работоспособность системы слежения в режиме реального времени в условиях высокой зашумленности от сварочного процесса.

**Ключевые слова:** автоматизация сварки, следящие системы, слежение за стыком сварного шва, техническое зрение.

## ANALYSIS OF WELDING TRACKING SYSTEMS

Vasilieva E.I.

Vasilieva Elizaveta Ivanovna - Master,

DEPARTMENT OF ELECTRONIC ENGINEERING,

URAL FEDERAL UNIVERSITY NAMED AFTER FIRST PRESIDENT OF RUSSIA B.N. YELTSIN,  
YEKATERINBURG

**Abstract:** the article discusses the basic physical principles of servo systems for the welding process: the copier controller method, electromagnetic measurement, television modules, arc sensors and optoelectronic regulators. The advantages and disadvantages of these methods are displayed. The main problem of the operation of technical vision with an active technological process of welding products is also described. The performance of the tracking system in real time in conditions of high noise from the welding process is analyzed.

**Keywords:** welding automation, tracking systems, tracking the joint of the weld, technical vision.

УДК 681.2-5

### ВВЕДЕНИЕ

Сварочный процесс является одной из наиболее активно развивающейся с точки зрения автоматизации отраслью. По данным IFR в Российской Федерации сектор сварки занимает третье место по использованию промышленных роботов. Специальные сварочные автоматы выполняют все функции, которые в ручном режиме должен выполнять сварщик. Процесс происходит с минимальным участием человека, потому что он максимально оптимизирован, что позволяет получить высококачественный продукт.

Поскольку на нынешний момент человека нельзя полностью исключить из технологического процесса, он выполняет функцию оператора роботизированного технологического комплекса и может допустить некоторые неточности при установке заготовок или настройке робота. Таким образом необходимо совершенствовать технику с механической и программной сторон, а именно наиболее востребованным сейчас является возможность следить за стыком сварного шва.

Частичная автоматизация сварки проявляется в наличии аппаратов с постоянной и принудительно управляемой скоростью подачи проволоки и сварочной скоростью.

Добавление к этому набору систем слежения за линией стыка, способами контроля и регистрации параметров режима переводит процесс сварки на более высокий уровень автоматизации, более полный. Такие автоматические системы способны поддерживать технологический процесс или изменять по заданному закону физические параметры технологического процесса без участия оператора.

### **МЕТОДЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СТЫКОМ СВАРНОГО ШВА**

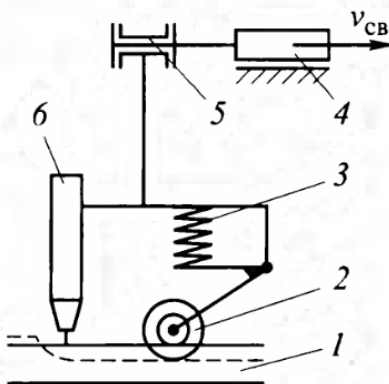


Рис. 1. Схема устройства прямого копирования

В следящих системах с регуляторами прямого действия измерение неотделимо от управления. Такие системы являются наиболее простыми. При этом сварочный инструмент обладает одной или двумя степенями подвижности и связан непосредственно с щупом. Щуп может быть реализован в виде ролика или копирного пальца. Щуп должен быть всегда прижат к поверхностям разделки кромок стыка с помощью пружин или силы тяжести. На рисунке 1 изображена схема устройства прямого копирования, где 1 – свариваемое изделие; 2 – копирный ролик; 3 – пружина; 4 – звено, перемещающееся вдоль линии соединения; 5 – элемент, обеспечивающий корректировочное перемещение; 6 – сварочный инструмент.

К недостаткам регуляторов прямого действия относят:

- невозможность использования при сварке без гарантированного зазора;
- невозможность использования при нахлестном соединении с толщиной верхнего листа менее 3 мм;
- необходимость подвижной в направлении слежения оснастки для инструмента;
- необходимость фиксации подвижной оснастки инструмента перед выходом щупа из контакта с изделием;
- сложно обеспечить достаточно высокую жесткость конструкции.

Большей популярностью пользуются системы непрямого действия с бесконтактными датчиками, использующие различные физические принципы: оптические, электронные, телевизионные, пневматические, ультразвуковые и прочие.

Применение электромагнитных датчиков в системах слежения является наиболее распространенным случаем. Такую следящую систему можно использовать при сварке без разделки кромок при стыковом соединении и соединении внахлест, при поддержании расстояния между изделием и инструментом, при измерении ширины зазора и определении начала и конца свариваемого шва или прихваток. Различные конструктивные конфигурации положения датчика относительно изделия, позволяют применять этот метод при сварке различных соединений: угловое изнутри, тавровое, точное стыковое, с глубоким зазором и другие разновидности.

Самый простой электромагнитный датчик [1] состоит из Ш-образной магнитной системы и трех обмоток, представлена на рисунке 2. Обмотка, расположенная по центру, подключена к источнику тока повышенной частоты. Переменное магнитное

поле, создаваемое обмоткой, наводит в свариваемом изделии вихревые токи, а воздушный зазор между деталями разделяет вихревые токи на два контура. Таким образом результирующее магнитное поле датчика складывается из тока, протекающего по центральной обмотке, и вихревых токов.

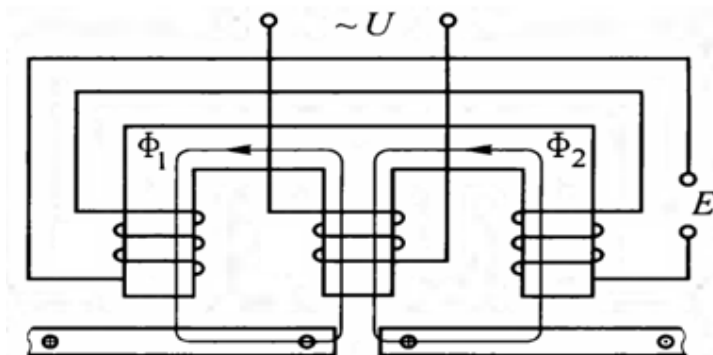


Рис. 2. Схема электромагнитного датчика

Альтернативным датчиком распознавания стыка и его пространственного положения является сама *сварочная дуга*, а именно её ток и напряжение [4]. Это позволяет произвести измерение непосредственно в точке сварки, при этом нет необходимости располагать дополнительные измерительные устройства. Измерения в таком случае производят относительно сварочной ванны и дуги, что позволяет измерению не зависеть от износа направляющих элементов инструмента, неточности правки электродной проволоки и магнитного дутья.

Основными измеряемыми параметрами дуги являются ее напряжение, ток и частота коротких замыканий. Для корректного измерения необходимы стабилизация режима и условий сварки и применение интегральных значений сигналов или применение метода анализа случайных процессов. Это осложняет использование дуги в качестве датчика системы слежения, поскольку требует сложную и емкую обработку информации.

Другой перспективный тип датчиков для следящих систем представляет собой телевизионные модули. Основным достоинством *систем слежения с телевизионным модулем* [3] является возможность дистанционного наблюдения за зоной сварки, что подразумевает отсутствие неблагоприятного воздействия технологического процесса на работу датчика. Принцип работы телевизионных датчиков основан на преобразовании видеосигнала в ток, управляющий отклонением сварочного инструмента. Зона сварки освещается источником света, отраженный свет и излучаемая процессом сварки световая энергия воспринимаются датчиком. В свою очередь датчик, состоящий из прибора визуального контроля и передающей телекамеры, производит снижение контрастности и яркости излучения между слоями холодной зоны стыка и нагретой сварочной ванны до допустимых пределов. Далее сигнал попадает в приемно-усилительное устройство, где выделяются электрические импульсы, несущие информацию о положении сварочной ванны и стыка. После вырабатывается импульсный сигнал рассогласования, отражающий взаимоположение шва и инструмента. Сигнал преобразуется в ток управления перемещением инструмента.

Самым новым методом слежения за стыком сварного шва стал принцип, основанный на *оптико-электронных датчиках*. Чувствительными элементами в таких следящих системах являются фототранзисторы, фотодиоды и телевизионные трубки различного исполнения. Наиболее эффективны

триангуляционные лазерные датчики с ПЗС (прибор с зарядовой связью) матрицей. Датчик триангуляции проецирует луч света на цель, и отраженный или рассеянный свет захватывается детектором. Одним из преимуществ систем на основе чувствительных фотоэлементов является скорость передачи данных. Другое преимущество состоит в том, что выход будет дан независимо от распределения интенсивности пятна. В некоторой степени это устраняет эффект лазерного спекла из системы. Пиксельные детекторы массива, изображенные на рисунке 3, производят серию цифровых выходов, которые варьируются в зависимости от количества света, обнаруженного каждым элементом массива.

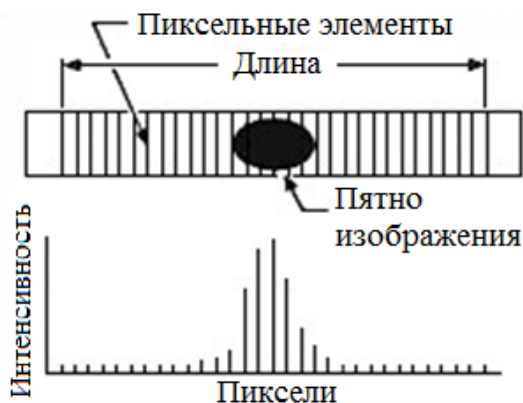


Рис. 3. Матричный формирователь сигнала

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Рассмотрены пять видов датчиков с различными физическими принципами слежения за сварочным стыком:

- копирный датчик прямого действия;
- электромагнитные;
- дуговые;
- телевизионные;
- оптико-электронные.

Контакт датчика прямого действия накладывает множество ограничений на технологический процесс сварки. Он надежно отслеживает шов при выполнении технологического процесса, но имеет большие габариты, ему необходима дополнительная различная оснастка в соответствии с ориентацией шва.

Системы слежения за сварным стыком с бесконтактными датчиками лишены большинства недостатков копирного датчика. Они прекрасно справляются со своей функцией при отсутствии сварочного процесса. Их допустимо применять при сканировании траектории до начала процесса сварки, если это технологически допустимо. При работе с протяженными швами такие системы, как правило, показывают себя ненадежными или полностью неработоспособными.

Главной причиной нарушения работы следящих систем являются возникающие в технологическом процессе сварки шумы различной природы: электромагнитные шумы и излучения широкого спектра (от ИФК – мягкого рентгена)

Обработка сигнала от телемодуля занимает много времени, поэтому требует высоких вычислительных мощностей, для взаимодействия с оборудованием в режиме реального времени. Это повышает стоимость системы слежения. Кроме того, нет решения, способного надежно извлекать полезный сигнал телемодуля из засвеченного пространства.

Электромагнитные датчики имеют большую чувствительность к второстепенным факторам внешней среды. Это накладывает ограничения и на предварительную

обработку материалов, и на точность установки заготовок, при этом понижает достоверность его результатов. Более того, сложность настройки датчика при различных материалах сварки делает применение датчика такого типа менее конкурентным с точки зрения автоматизации.

При снятии сигнала с силовой сварочной дуги так же сложно добиться четкого достоверного результата, так как сама дуга является нестабильным источником сигнала. Её показатели постоянно меняются в течении процесса из-за множества различных возмущающих факторов. На данный момент не разработан фильтр, который в состоянии распознавать и выделять среди других возмущений скачки гармоник при смещении от стыка.

Для решения проблемы шумов необходимо комплексно подходить к фильтрации сигнала датчика. Наиболее оптимальным в этом плане является оптико-электронные датчики. Потенциал для фильтрации сигнала именно этого типа датчиков значительно выше. Точность показаний и чувствительность триангуляционных лазерных датчиков является наиболее высокой из рассмотренных, о чем свидетельствует их повсеместное внедрение в современные измерительные системы. Форма представления полученного сигнала является благоприятной для машинной обработки с высокой скоростью и для обеспечения работы в режиме реального времени.

#### *Список литературы / References*

1. *Браверман В.Я.* Устройство слежения за стыком свариваемых деталей с датчиком магнитного поля / В.Я. Браверман, В.С. Белозерцев, 2009.
2. *Гладков Э.А.* Автоматизация сварочных процессов: учебник / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 421с.
3. *Гладков Э.А.* Телевизионный модуль слежения за стыком при аргонодуговой сварке ответственных изделий / Э.А. Гладков, Р.А. Перковский, Ю.О. Толокнов, П.С. Демидов, 2015.
4. *Соколовский Р.В.* Методы и системы управления процессом электродуговой сварки магистральных трубопроводов, 2000.