

## СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ СВАРОЧНЫХ РОБОТОВ

Астахов В. Ю., Ярышкин Н. В., магистранты гр. РТм-151, II курс

Научный руководитель: Курьшкин Н. П., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва  
г. Кемерово

Технология роботизированной сварки является одной из самых отработанных в мировой практике. Поэтому 80% промышленных роботов, поставляемых сегодня в Российскую Федерацию, – это сварочные роботы. Сварочные роботизированные технологические комплексы (РТК) уже успешно работают как на крупных предприятиях, так и в частных компаниях России. Они применяются при точечной контактной, а так же дуговой и лазерной сварке.

Для оучувствления сварочных роботов используются различные датчики контактного и бесконтактного типа – механические щупы, тактильные, дуговые и электромагнитные датчики, а так же органы технического зрения.

При создании систем технического зрения (СТЗ) для роботизированной сварки решается ряд таких проблем, как необходимость защиты видеосенсора от брызг расплавленного металла, воздействия теплоты и агрессивной газовой среды, загрязнения, а так же защита от яркого света дуги (горелки) и сварочной ванны [1].

Следящие системы с регуляторами прямого действия являются наиболее простыми, в них измерение неотделимо от управления. Сварочный инструмент (сварочная головка или горелка) имеет одну или несколько свободных (неприводных) степеней подвижности и связан непосредственно со щупом, выполненным в виде ролика или неподвижного копирного пальца. Щуп постоянно прижат к поверхностям разделки кромок стыка или другим поверхностям свариваемых элементов под действием пружин или силы тяжести.

Принцип действия индукционных датчиков, измеряющих расстояние до поверхности изделия, основан на использовании явления электромагнитной индукции. При внесении в поле датчика контролируемого металлического изделия изменяются параметры электромагнитного поля, которые регистрируются датчиком. Сигнал датчика преобразуют к виду, удобному для дальнейшей обработки. Применение таких датчиков в системах адаптивного управления роботами для дуговой сварки в общем случае требует обеспечить три переносные степени подвижности манипулятора для сварочного инструмента с закрепленными на нём датчиками адаптации.

Наиболее информативными и универсальными являются видеосенсорные системы. Поскольку сенсорная система определяет положение стыка, находясь перед сварочной горелкой, головка датчика жестко связана с последней. Причём расстояние между ними составляет примерно 20...50 мм. Разрешающая

способность системы по толщине стыка составляет около 0,2 мм, а максимальная ширина обзора — по 13 мм в каждую сторону от середины поля [2].

В зависимости от принципа работы в оптических сенсорных системах применяется ряд дополнительных элементов, таких как источники структурированного и рассеянного подсвета рабочей области, различные светофильтры, рефлекторы и т. д.

Роботизированная сварка – это полностью автоматизированный сварочный процесс, реализованный с помощью роботов-манипуляторов и специального сварочного оборудования. На сегодняшний день существует множество готовых решений по внедрению СТЗ применительно к конкретным РТК.

В рамках Соглашения о научно-техническом сотрудничестве между заводом «КемеровоХиммаш» и КузГТУ выполняется работа по расширению номенклатуры изделий, изготавливаемых на сварочном РТК, имеющемся на предприятии [3].

В состав РТК входит системный контроллер *R30-iA* от компании *FANUC ROBOTICS*. Одной из особенностей контроллера является встроенная интегрированная система *iRVISION*. Это разработанная компанией *FANUC* система визуального обнаружения по технологии *plug & play*. С помощью системы распознавания двух- или трехмерных деталей она может определять местоположение произвольно расположенных изделий любой формы и размера [4].

Рассмотрим некоторые функциональные возможности системы *iRVISION*, используемые при роботизированной сварке:

1. *VISION SHIFT* применяется в контактной и дуговой сварке для компенсации погрешности между позиционированием детали-шаблона, по которой производилось программирование робота, и позиционированием последующих деталей, на которых должна выполняться программа.

Возможности *VISION SHIFT*:

- функция использует возможности технического зрения для автоматической 3D калибровки программы робота;
- возможно автоматически калибровать рабочую точку инструмента (*TCP*), что ранее могло быть сделано только вручную;
- на высокоточную неконтактную калибровку программ вместо нескольких часов уходит всего до 30 минут. Таким образом, эта функция значительно сокращает время пуско-наладки;
- поддерживает установку центральной точки инструмента и кончика горелки для управления роботом с большой точностью.
- возможно применять для калибровки групп совместно работающих роботов (*Dual*-, *Triple*-, и *Quadarm*);
- позволяет делать юстировку роботов *FANUC* после смены двигателей, энкодеров и т.д.

2. *FANUC iRVISION Weld Tip* служит для визуального контроля и проверки состояния рабочего конца электрода для точечной сварки на предмет повреждений. Это специализированное программное обеспечение может выполнять самые разнообразные проверки, включая измерение износа съемного конца электрода и определение, производилась ли его замена или заправка.

3. *FANIC iRVISION Torch Mate* оснащено возможностями программирования на производстве и промышленной камерой. Оно предотвращает возникновение проблем с выравниванием за счёт удерживания центральной точки инструмента на траектории движения инструмента. Система *iRVISION* обеспечивает стабильное качество сварки, а также увеличивает время безотказной работы за счёт устранения необходимости в упреждающих действиях.

4. *2D Multiview Vision* – техническое зрение с использованием нескольких камер для определения точного положения детали. Позволяет точно определять положение деталей больших габаритов.

Контроллер *R30-iA* в своем составе программного обеспечения имеет приложение *Arctool*, разработанное для упрощения и стандартизации установки и управления сварочными приложениями. Рассмотрим некоторые функции приложения:

- *Weaving* – сварка с колебаниями. Обеспечивает колебательное движение горелки относительно линии сварки, увеличивающее требуемую толщину шва.

- *Weld Resume* – при остановке робота во время движения по сварочной дорожке и перемещению обратно к дорожке, устанавливается необходимое расстояние и сварка продолжается.

- защита горелки – компенсирует значение положения кончика горелки проволокой после долгого времени сварки или замены кончика горелки. В этих случаях, сварочные операции не могут выполняться корректно. Защита горелки помогает предотвратить сбой центральной точки инструмента (*TCP*), в противном случае её необходимо перезаписать.

- *Automatic adjustment of the tool center point* – функция автоматического восстановления горелки обеспечивает автоматическую регулировку центральной точки инструмента (*TCP*). Автоматическое восстановление горелки автоматически компенсирует изгиб сварочной горелки и износ наконечника, уменьшая количество дефектов и увеличивая производительность.

- *Torch guard collision detection* – параметры для запястья очень чувствительны к столкновениям горелки. Функция останавливает робота до того момента, как горелка, столкнувшись с препятствием, сломается.

- *Arc Sensor TAST* – (в момент движения по шву) метод контроля шва, используемый для контроля положения поверхности детали, что очень важно для роботизированной дуговой сварки. Этот метод используется в качестве датчика контроля сварочного тока в случае изменения длины дуги. Робот будет компенсировать изменение положения сварочной горелки.

- контроль положения горелки *TAST* позволяет контролировать положение горелки за счёт изменения сварочного тока при амплитудном движении. Программа определяет центр шва, сравнивая левую и правую половины по току. Также можно контролировать высоту положения горелки. Положение горелки задано (согласно значению тока) и сохраняется по середине амплитуды.

- *Touch sensing* состоит из: 1) движения центральной точки инструмента (*TCP*) к объекту, используя контроль движения робота, скорость и направление; 2) использование входящих сигналов для определения начала контакта робота с объектом; 3) сохранение положений объекта в позиционные регистры; 4) ис-

пользование информации о сохраненных положениях роботом. Touch Sensing определяет положение отклонения сварочных швов в момент сварки с помощью *Arc Sensor TAST*. *Touch sensing* позволяет роботу изменять направление дорожки автоматически при движении в случае, если поверхность детали неточна, либо деталь занимает некорректное положение.

- Опция *Automatic Voltage Control (AVC)* компенсирует изменение формы детали и отклонение во время сварочного процесса *TIG* (сварка вольфрамовым электродом в инертном газе) либо других процессов при постоянном токе, например, при выполнении плазменной резки. *AVC* компенсирует различие между оптимальными и реальными сварочными параметрами во время движения по сварочной дорожке. Функция *AVC* демонстрирует напряжение при дуговой сварке *TIG* процесса. Она позволяет изменять высоту горелки над деталью для сохранения постоянного сварочного напряжения.

Таким образом, рассмотренные СТЗ позволяют:

- производить автоматическую калибровку рабочей точки инструмента;
- выполнять высокоточную быструю калибровку программ;
- контролировать и проверять состояние рабочего конца электрода для точечной сварки;
- контролировать толщину шва;
- защитить сварочную горелку, манипулятор от столкновений.

Применение систем технического зрения даёт возможность автоматизировать сварочный процесс, а также обеспечить контроль и безопасность работы РТК.

### Список литературы:

1. Гладков, Э. А. Робототехнические комплексы для дуговой и контактной сварки: Учеб. пособие / Э. А. Гладков, О. Н. Киселев. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 107 с.
2. Гладков, Э.А. Автоматизация сварочных процессов : учебник для вузов / Э. А. Гладков, В. Н. Бродягин, Р. А. Перковский. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 421 с.
3. Астахов, В. Ю. Использование органа технического зрения на операциях роботизированной сварки в условиях завода «КемеровоХиммаш» // В. Ю. Астахов и [др.] Россия молодая: Сб. материалов VIII Всероссийской науч.-практ. конф. молодых учёных с междунар. участием / Кузбас. госуд. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2016. – С. 83.
4. Ресурсы официального сайта фирмы *FANUC*: режим доступа: <http://www.fanuc.eu>, круглосуточно.