

Памятка

Уважаемые студенты, вам необходимо прочитать данную практическую выполнить все задания и ответить на контрольные вопросы после практической письменно в рабочей тетради. Выполненную работу - прислать фото отчет на электронную почту преподавателя, (с 27.02.2023 по 28.02.2023). 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: Основные принципы управления роботами. Методы и технические средства адаптации роботов для сварки

Цель: Изучить принципы управления роботами

План

1. Уровни управления
2. Системы управления промышленных роботов для сварки имеют развитое программно-атематическое обеспечение (ПМО).

1. Уровни управления

Уровни управления (в порядке снизу вверх) (см рисунок 1):

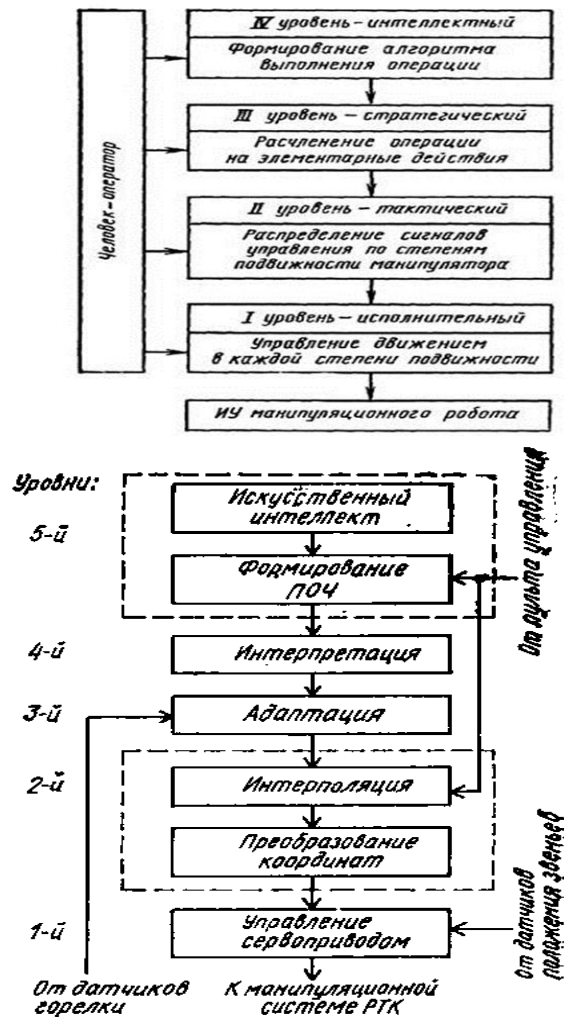


Рисунок 1 – Уровни управления

Управление роботом и работа – технологическим комплексом для сварки состоит в обеспечении согласованного перемещения звеньев манипуляционной системы и сварочного оборудования, а также в обмене информацией с внешними системами на основании программы выполнения операции о внутреннем состоянии составных частей комплекса и о производственной среде. (Под производственной средой следует понимать свариваемое изделие, приспособление, в котором оно закреплено, оборудование, осуществляющее транспортные и накопительные функции, а также другие системы, участвующие в производственном процессе, состояние которых оказывает влияние на данный робот или комплекс)

Управление звеньями манипуляционной системы может быть позиционным или контурным. Позиционное управление положением обеспечивает лишь определенное значение координат рабочего органа в заданных точках, а управление движением по траекториям, повторяющим форму направляющих, – произвольные, в определенных пределах, траекторию движения между точками и скорость этого движения, кроме случаев, когда звенья перемещаются поочередно и траектория рабочего органа определяется отрезками соответствующих направляющих.

Контурное управление состоит в обеспечении движения рабочего органа по траектории любой формы с заданной скоростью. Задачи позиционного управления проще задач контурного управления. Однако системы, реализующие контурное управление, универсальны и, как правило, могут использоваться для решения позиционных задач.

Позиционное управление манипуляционными системами может применяться при роботизации сварки электро-заклепками, дуговой и ударно – конденсаторной приварки шпилек, в варке труб в трубные доски и приварки круглых бобышек с помощью сварочной головки, имеющей круговое движение горелки (горелок), а также при роботизации поочередной сварки прямолинейных и круговых швов, расположенных вдоль направляющих движения звеньев манипуляционной системы. Контурное управление манипуляционными системами необходимо при сварке и наплавке по траекториям, требующим двух и более степеней подвижности. В многосвязных манипуляционных системах с большим количеством вращательных движений, а следовательно, с переменной конфигурацией манипулятора сварочного инструмента получение заданной скорости и точности перемещений существенно осложняется необходимостью учета переменных инерционных сил.

Известны две группы методов программирования манипуляционных систем роботов и их комплексов для сварки: обучения (on – line) – задание программы с использованием манипуляционной системы робота или комплекса внешнего программирования (off – line) – составление программы без использования манипуляционной системы. Различают следующие методы обучения: с использованием обратимой кинематики манипулятора инструмента и перемещением сварочного инструмента или его имитатора вручную по линии соединения; с использованием рукоятки обучения со встроенными в нее датчиками, воздействующими на приводы звеньев в режиме слежения за рукой оператора; с использованием дистанционного управления с пульта обучения для последовательного перемещения сварочного инструмента в характерные точки траектории и языка программирования для описания характера траектории между указанными точками и скорости перемещения между ними. Дистанционное управление может быть реализовано как управление отдельными степенями подвижности с помощью кнопок или посредством многокоординатного переключателя – рукоятки.

Методы обучения роботов и их комплексов для сварки с использованием дистанционного управления с пульта обучения являются в настоящее время основными. Небольшое применение нашли методы, основанные на обратимой кинематике (роботы типа Apprentice, MAC 2001). Методы обучения отличает наглядность, однако во время обучения не выдается продукция, а при сварке швов сложной формы или большого числа точек, или коротких швов программирование усложняется и требует больших затрат времени. Так, при программировании работы робота в течение 1 мин для дуговой сварки методом обучения требуется 20...80 мин. Следует отметить, что большая часть травм, связанных с использованием сварочных роботов, происходит во время обучения, когда оператор – программист вынужден находиться в зоне действия робота.

Различают следующие методы внешнего программирования: текстуальное, когда последовательность действий робота задается в виде инструкций, а перемещения и параметры режима сварки вводятся в числовом виде; с использованием компьютерной графики, позволяющей в наглядном виде моделировать работу комплекса, сравнивать различные варианты выполнения программы и проверять возможность ее реализации без столкновений робота с препятствиями. Методы внешнего программирования сокращают простой робота, связанные с составлением новой программы, что важно при мелкосерийном производстве, и способствуют повышению безопасности обучения. При этом обычно требуется "точная настройка" программы перед ее использованием с применением элементов обучения и геометрической адаптации. Поэтому в системах управления современных сварочных роботов сочетают принципы внешнего программирования и обучения.

Системы управления промышленными роботами представляют собой многопроцессорные управляющие устройства, построенные по иерархическому принципу. На верхнем уровне управления осуществляются: расчет траектории движения рабочего органа; формирование команд, управляющих движением звеньев робота; логическая обработка информации от периферийных устройств комплекса; диалоговый режим работы оператора через видеотерминальное устройство; обмен информацией с ЭВМ верхнего уровня и внешней программой – носителем (НГМД, КНМЛ); управление роботом через пульт ручного управления; диагностика работы системы; калибровка координат звеньев. Нижний уровень управления используется для решения задачи управления движением звеньев в соответствии с программой, поступающей с верхнего уровня.

Связь между процессорами, реализующими функции верхнего и нижнего уровней управления, может осуществляться через общую память (системы с общей памятью) или через системную магистраль (распределенные системы). Примером системы с общей памятью является система МП СУ, в которой обмен данными между ЦПУ – П, ЦПУ – Пр, ЦПУ – Тр и ЦПУ – Св происходит по таймеру через общую память, расположенную в модуле ЦПУ – П. Структура распределенных систем может содержать одну общую системную магистраль М, как в системе "Прогресс 1 – 8", или системные магистрали верхнего уровня М1 и нижнего М2, взаимодействующие через модуль связи МС, как в системе "Сфера – 36").

В системах МПСУ и "Прогресс 1 – 8" используются проблемно ориентированные языки, а в системе "Сфера – 36" – язык высокого уровня ARPS, структура и возможности которого позволяют решать задачи установочной, а в ряде случаев, и текущей адаптации путем создания алгоритмов адаптивного управления на уровне прикладных программ пользователя.

3. Системы управления промышленных роботов для сварки имеют развитое программно-атематическое обеспечение (ПМО). Основой ПМО является операционная система реального времени, которая обеспечивает распределение ресурсов системы, устанавливает порядок решения задач в соответствии с их приоритетами, организует процедуру

обмена данными между программами, инициирует систему при ее включении, запускает программные тесты для проверки состояния аппаратной части системы, прерывает функционирование системы при обнаружении ошибок. Наибольшие ограничения по применению роботов для дуговой сварки оказывает отсутствие или недостаточность их адаптивных возможностей по отношению к случайным отклонениям от программных значений положения линии сопряжения свариваемых элементов (геометрическая адаптация) и геометрических параметров соединения, подготовленного под сварку (технологическая адаптация). –

МПСУ робота для дуговой сварки СУР – 25 Прогресс 1 – 8" робота ТУР – 10КМ; в – "Сфера – 36" робота РМ – 01; ПО – пульт обучения; ЦПУ – процессорное устройство; Д – дисплей; М – модуль (первая буква в обозначении); ПУ – пульт управления; П – память; КНМЛ и НГМД – накопитель соответственно на магнитной ленте и на гибких магнитных дисках; ВВ – ввод – вывод; Пр – привод; Тр – пересчет траектории; Се – сварочного оборудования; А – арифметический универсальный; К – расчет координат; 7777 – переходная плата; М – магистраль; К – контроллер управления; У – управление; СП – сенсорная подсистема; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ПЗУ – постоянное запоминающее устройство; ПИ – последовательный интерфейс; ВТУ – видеотерминальное устройство; ПРУ – пульт ручного управления; АВ – аналоговый ввод; ШИ – широко – импульсное питание.

В первом приближении допустимое случайное отклонение линии сопряжения свариваемых элементов от расчетного значения при сварке плавящимся электродом в защитных газах не должно превышать в направлении, поперечном оси электрода, $0,5 \cdot \lambda$ (без колебаний электрода) и d_3 (с колебаниями электрода). При роботизированной дуговой сварке сталей плавящимся электродом диаметр электродной проволоки $d_3 = 0,8 \dots 1,6$ мм.

Различают два класса задач, связанных с необходимостью геометрической адаптации (корректировки программ перемещений сварочного инструмента относительного изделия), когда отклонение линии сопряжения свариваемых элементов не сопровождается случайным искажением размеров и формы этой линии и сопровождается случайными искажениями размеров или формы линии сопряжения.

Первый класс задач геометрической адаптации решается с помощью методов установочной (начальной) адаптации и может быть разделен на два подкласса: 1) отклонения сводятся к случайному малому параллельному переносу линии сопряжения в двух – или трехмерном пространстве; 2) отклонения могут рассматриваться как случайный малый поворот в плоскости (вокруг одной оси) или в пространстве (вокруг двух или трех осей). Задачи первого подкласса наиболее часто встречаются при сварке коротких швов в конструкциях средних и крупных габаритных размеров, в частности, каркасно-решетчатого типа. При этом можно не учитывать случайный малый поворот короткой линии соединения, так как линейные смещения коротких швов пренебрежимо малы.

Для корректировки программы при случайном параллельном переносе необходимо и достаточно найти фактические положения трех или двух

базовых точек соответственно для трех – или двухмерных задач. Базовые точки находятся до начала сварки с помощью датчика поиска, который в простейшем случае может быть выполнен в виде тактильного электромеханического датчика, щуп которого радиусом r расположен на определенном расстоянии от конца электрода. Ориентация линий поиска базовых точек в рабочей зоне комплекса, неизменная для всех экземпляров изделия данного наименования, определяется программой перемещений сварочного инструмента относительно изделия.

Задачи второго подкласса встречаются в сварочном производстве значительно реже, чем предыдущие. Так, при приварке жестких, достаточно стабильно обрабатываемых бобышек, накладок и вставок средних размеров к листовым, каркасным, рамным конструкциям случайным поворотом, если он имеется, пренебречь нельзя. Для получения информации о необходимой корректировке программы при случайном малом повороте линии соединения в плоскости или в пространстве необходимо и достаточно определить положение соответственно трех или шести базовых точек.

Назначение минимального числа базовых точек, необходимых для определения положения каждого короткого шва (число таких швов на конструкциях каркасно – решетчатого типа велико), и выполнение поисковых движений на возможно большой скорости – важные пути повышения производительности комплекса для сварки, а следовательно, его экономической эффективности.

адаптации; для каждого экземпляра изделия определяется случайная вектор – функция, характеризующая текущее смещение линии соединения, т. е. текущую коррекцию положения точки сварки, а также текущую коррекцию ориентации сварочного инструмента относительно изделия. В этом классе целесообразно выделить два подкласса задач получения швов: с большим радиусом кривизны; имеющих участки с малым радиусом кривизны.

Для швов с большим радиусом кривизны требуемые изменения ориентации горелки, связанные с малыми отклонениями линии соединения от расчетного положения, весьма малы, поэтому их влияние на качество сварного соединения незначительно. Следовательно, при сварке швов с большим радиусом кривизны достаточно определить три линейных составляющих смещения линий соединения $AXЭ$, $A Yэ$, AZ , относительно программного положения и скорректировать на соответствующее текущее положение горелки (точки сварки) относительно изделия, не меняя ее ориентации. Следует отметить, что составляющая $AXЭ$ в рассматриваемом случае необходима только при сварке незамкнутых швов для определения момента начала конца сварки. По длине шва составляющая $AXЭ$ может не использоваться.

Текущая адаптация при сварке швов с большим радиусом кривизны связана с определением составляющих отклонения линии соединения от расчетного положения $Ayэ$ и $Azэ$ и соответствующей коррекции положения горелки без изменения ее программной ориентации. В общем случае измерение отклонений линии соединения вдоль направлений $Yэ$ и Z , требует трех ориентирующих подвижностей манипулятора сварочного инструмента. Исключение составляют только системы с круговым сканированием измерительного зонда вокруг точки сварки, которые при осесимметричном

сварочном инструменте позволяют решить общую задачу при двух ориентирующих подвижностях.

Для швов, имеющих на линии соединения участки с углами и весьма малыми радиусами кривизны (пересечения и закругления различных конструктивных элементов), нельзя пренебречь требуемыми изменениями ориентации горелки, связанными с отклонением соответствующих точек линии соединения от расчетного положения. Задача текущей геометрической адаптации в этом случае существенно усложняется техническими трудностями получения информации о положении линии соединения в углах и на закруглениях малого радиуса, а также большой скоростью изменения переносных и ориентирующих координат.

Для швов с участками, имеющими углы и малые радиусы кривизны, целесообразно комбинированное решение задачи с помощью методов как начальной, так и текущей адаптации, основанное на том, что участки, подобные $p - 2p$, имеют малую длину и поэтому могут рассматриваться как случайным образом смещенные в пространстве в положение 1 – 2 без искажения их формы. Тогда при сварке прямоугольного патрубка с закруглениями на углах до начала сварки необходимо определить положение четырех базовых точек: $2x$, $4x$, 61 , $Я1$, отстоящих от расчетного положения сторон прямоугольника на расстоянии B . Положения точек 1 – 8, ограничивающих участки с закруглениями, определяются во время сварки из условия их удаленности друг от друга по соответствующим координатам на расстояние a .

Для начальной адаптации могут быть использованы электромеханические (тактильные), электроискровые датчики и датчики расстояния. Последние получили наибольшее распространение. В них касание изделия до начала сварки осуществляется электродом или изолированным соплом горелки. Во время поиска базовых точек 1 – 3 на электрод или сопло подается напряжение 400 В частотой 400 Гц. Электрод может предварительно выдвигаться до подводимого упора и фиксироваться специальной цангой, встроенной в горелку, для предотвращения его смещения вдоль оси во время измерений. Однако при этом усложняется конструкция горелки и снижается ее надежность. Альтернативным решением является автоматическое отрезание конца электрода на заданном вылете в отдельно стоящем устройстве, что повышает надежность последующего возбуждения сварочной дуги.

Использование изолированного сопла в качестве щупа позволяет исключить влияние

Создание средств измерения для текущей адаптации сварочных роботов возможно с использованием тактильных электромеханических датчиков и устройств прямого копирования, бесконтактных датчиков расстояния до поверхности элементов свариваемого изделия, сварочной дуги в качестве датчика и видео-сенсорных устройствах. Электромеханические датчики и устройства прямого копирования получили значительное распространение при автоматической сварке прямолинейных и круговых протяженных швов простой формы преимущественно в специализированных комплексах, реже в роботах.

Бесконтактные датчики расстояния могут использоваться при сварке угловых швов тавровых соединений, которые являются основным объектом роботизации дуговой сварки. В качестве бесконтактных датчиков расстояния могут применяться пневматические, емкостные, ультразвуковые, индукционные и другие устройства. Для адаптации сварочных роботов некоторое распространение нашли индукционные датчики. Они накладывают ограничения на технику сварки роботами, например: исключают возможность сварки с текущей адаптацией в угловых участках внутри коробчатых конструкций (часто требуют при этом отвода датчиков), на одном изделии различных видов соединений, а также сварки с колебаниями электрода поперек линии соединения, если среднее расстояние от поверхности изделия соизмеримо с амплитудой колебаний.

Использование сварочной дуги в качестве датчика позволяет получить информацию о фактическом положении свариваемого соединения, а в некоторых случаях и о ширине зазора или разделки в зоне сварки. Недостатком системы адаптации с использованием дуги в качестве датчика является то, что процесс адаптации начинается только после начала сварки. При значительных начальных несовпадениях электрода и линии соединения начальный участок шва не совпадает с линией соединения. Поэтому целесообразно сочетание системы текущей адаптации с дугой в качестве датчика, и системы начальной адаптации с соплом или электродом в качестве щупа.

Системы с использованием сварочной дуги в качестве датчика наиболее эффективны при сварке в аргоне и аргона-содержащих смесях защитных газов, когда дуговой процесс наиболее стабилен. При сварке в CO₂ применение этого способа затруднено вследствие нестабильности дугового процесса. При сварке швов малого калибра применение колебаний дуги неэффективно с точки зрения производительности процесса.

Видео-сенсорные устройства составляют большую группу измерительных средств. Некоторые из них достаточно универсальны и перспективны для адаптации сварочных роботов. При дуговой сварке в защитных газах необходимо учитывать помехи от светового излучения дуги, брызг расплавленного металла, а также выделяющихся дымов и газов, поскольку оптика видео-сенсоров подвергается интенсивному загрязнению и эрозии пылью, брызгами металла, агрессивными аэрозолями и газами. В ряде случаев предлагается измерение каждого экземпляра изделия осуществлять на повышенной скорости до начала сварки, хотя предпочтительным является измерение во время сварки.

Наиболее универсален и информативен триангуляционный метод измерения сечения зоны свариваемого соединения световой плоскостью. Секущая плоскость может быть представлена движущимся точечным лучом (с помощью колеблющегося зеркала), стационарным целевым лучом или светотеневой границей. Такое освещение получило название структурированного. Наиболее эффективным осветителем является лазер. Зона светового сечения наблюдается под углом, позволяющим получить трехмерную информацию о свариваемом шве: о положении линии соединения, зазоре или сечении разделки, превышении кромок. Картина, воспринимаемая

двухмерным, чаще всего матричным фотоприемником, определяется типом соединения.

Одним из наиболее совершенных и компактных видео-сенсоров, построенных с использованием метода триангуляции, является

Видео-сенсор, смонтированный в одном корпусе с горелкой. Аппаратура видео-сенсора, которая должна быть расположена вблизи зоны сварки, заключена в цилиндрический корпус диаметром 57мм, центральная часть которого занята горелкой. Видео-сенсор состоит из двух частей, каждая из которых, в свою очередь, содержит источник структурированного освещения, состоящий из маломощного инфракрасного лазера и цилиндрической оптики для получения полосы, пересекающей линию соединения; фотоприемник на основе ПЗС – матрицы; интерференционный фильтр, объектив и сменное входное окно. Поле зрения каждой части видео-сенсора 19 x 16мм. При этом центр поля зрения удален от точки сварки на расстояние 16 мм. Сопло 5 горелки защищает фотоприемник от прямого света сварочной дуги и препятствует попаданию брызг металла на входное окно.

Одна из двух частей видео-сенсора анализирует соединение перед точкой сварки и служит для получения информации об отклонении линии соединения данного экземпляра изделия от эталонного, а также для измерения зазора в соединении с погрешностью не более 0,2мм. В начале сварки отклонение линии соединения от эталонного положения не должно превышать 5мм. В противном случае должна реализовываться специальная процедура поиска. Вторая часть видео-сенсора анализирует соединение после сварки и используется для получения информации об отклонении формы и положения получаемого шва от заданных номинальных значений.

Компьютер, являющийся частью видео-сенсорной системы, вырабатывает информацию, необходимую как для геометрической, так и технологической адаптации.

«Идеальный» робототехнический комплекс для сварки «оценивает» предъявляемое ему изделие, выбирает рациональный порядок сварки швов, а также рассчитывает траекторию перемещений сварочного инструмента относительно изделия и оптимальные значения параметров процесса сварки.

Виды программирования перемещения:

обучение посредством прямого силового воздействия оператора на руку робота;

обучение при воздействии на механизмы через следящие системы с помощью датчиков,

обучение при дистанционном управлении манипуляционной системой;
внешнее программирование, аналогичное применяемому в станках с ЧПУ.

Контрольные вопросы

1. Функции роботов и состав?
2. Классификация роботов?

ЛЕКЦИЯ № 57

10.5 Методы и технические средства адаптации роботов для сварки

Цель: Изучить методы и технические свойства адаптации роботов для сварки

План

1. Методика оценки технологичности
2. Общие рекомендации по повышению технологичности сварных конструкций
3. Задачи геометрической адаптации

1. Методика оценки технологичности

Методика оценки технологичности позволяет:

1. Выбирать сварные конструкции, как объект роботизированной сварки, из числа СК
2. Располагать эти СК в приоритетный ряд.
3. Давать оценку частных и комплексного показателя технологичности СК.
4. Выявлять особенности конструкций изделий, снижающие уровень их технологичности.

Пути повышения технологичности СК под роботизированную сварку

1. Изменение СК и технологии ее изготовления при заданном типе сварочного робота.
2. Выбор другого сварочного робота
3. Одновременная доработка конструкции, технологии и средств роботизации сварки.

Общие требования:

4. Минимизация времени и затрат на роботизированную сварку.

5. Минимизация стоимости изготовления и сборки изделия под сварку.
6. Минимизация стоимости роботизированной сварки.

2. Общие рекомендации по повышению технологичности сварных конструкций

1. Угловые соединения всюду, где возможно заменить тавровыми.
2. Обеспечивать сборку под сварку нахлесточных соединений без зазора.
3. Угловые швы в нахлесточных соединениях рекомендуется заменять сплошными

4. Следует избегать сварки в углах, выполняя ее по радиусу либо вручную прихватками.

5. При сварке конструкций из труб следует обеспечивать без зазорную сборку.

6. При сварке коробчатых конструкций следует избегать внутренних сварных швов

Ключевой проблемой роботизации сварки является возможность адаптации сварочных роботов. Ключом к успеху в использовании роботов для сварки ГПС является разработка необходимых датчиков. В конечном счете робот должен иметь возможность "видеть" начало шва и точно следовать по его траектории без обучения и контроля.

3. Задачи геометрической адаптации

1. Отклонение линии сопряжения свариваемых элементов не сопровождается случайным искажением размера и формы этой линии.

2. Отклонение линии сопряжения элементов сопротивления случайными искажениями размеров и формы линии сопряжения. Актуально при сварки швов с большими радиусами кривизны, либо сварной швов, имеющих участки с малыми радиусами кривизны.

Некоторые средства геометрической адаптации сварочных роботов

1. Электромеханический датчик с кольцевым щупом горелки.
2. Устройство периодического прямого копирования для текущей адаптации.
3. Индукционные датчики.
4. Сенсорные подсистемы, в которых используется отраженное световое излучение сварочной дуги.
5. Системы поиска положения базовых точек с использованием сварочного электрода в качестве щупа.

Контрольные вопросы

1. Методы и технические средства адаптации роботов для сварки?
2. Задачи геометрической адаптации?
3. Общие требования к роботам сварочного производства?

