



ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

ДМИТРИЙ РЫБАЛЬЧЕНКО, К. Т. Н.
D.Rybalchenko@vaz.ru

В статье приведено описание типовых решений роботизированных технологических комплексов для автоматизации различных технологических процессов на предприятиях отечественного автомобилестроения. Отмечена важность кооперации отечественных производителей с признанными мировыми лидерами в области средств автоматизации для создания конкурентоспособной продукции и необходимость применения динамического имитационного моделирования при разработке сложных робототехнических комплексов. Обозначена ведущая роль системных интеграторов, квалификация и производственные возможности которых играют решающую роль в автоматизации производственных процессов.

Современные роботизированные технологические комплексы (РТК) предназначены для автоматизации выполнения многократно повторяющихся заданий, тогда как роботизированные технологии будущего будут создаваться для выполнения большого количества заданий, повторяющихся по несколько раз. Такой прогноз дает развитию роботизированных технологий Манфред Гундель (Manfred Gundel), генеральный директор KUKA Roboter (Германия) [1]. Развитие в этом направлении потребует от производителей создания легко перепрограммируемых РТК с быстросъемной сменной оснасткой.

В настоящее время внедрение роботизированных технологий в действующее производство

осуществляется с привлечением фирм-интеграторов, обладающих опытом автоматизации производства. От правильного выбора фирмы-интегратора во многом зависит достижение ожидаемых результатов автоматизации. Не многие интеграторы смогут предложить заказчику полный спектр услуг на всех этапах жизненного цикла оборудования. К одной из таких компаний относится бывшее производство технологического оборудования и оснастки, а сегодня самостоятельное предприятие ООО «Волжский машиностроительный завод» (ВМЗ, г. Тольятти) [2].

Деятельность ВМЗ в области робототехники начиналась с серийного изготовления робот-

манипуляторов МП-9С и МП-11, которое было освоено в 1979 г. А уже через 5 лет был освоен серийный выпуск промышленных роботов ПР-601/60, ПР-161/60 по лицензии фирмы KUKA.

В разные годы для различных моделей автомобилей ОАО «АВТОВАЗ» Волжским заводом было изготовлено четыре роботизированных линии (РЛ), включающих 46 роботов для Chevrolet Niva; 23 РЛ из 263 роботов для Lada Kalina; 21 РЛ из 292 роботов для Lada Priora. 2012 г. прошел для ВМЗ под знаком автомобиля ВАЗ-2190 Lada Granta. Среди наиболее значимых проектов 2012 г. можно отметить:

- РТК с поворотными столами и кантователями с электромеха-

ническим приводом автоматической дуговой сварки поперечины панели приборов ВА3–2190 с кронштейнами;

- РТК со стационарными столами и грейферами с зажимной оснасткой и быстроразъемными соединениями сварки передних сидений ВА3–2190;
- автоматическую линию (АЛ) контактной точечной сварки кузова ВА3–2190.

РТК АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

РТК автоматической дуговой сварки с поворотными столами и кантователями с электромеханическим приводом поперечины панели приборов ВА3–2190 с кронштейнами (рис. 1), для ручной сборки и автоматической дуговой сварки поперечины панели приборов с кронштейнами в сборе ВА3–2190, был изготовлен для собственных нужд ВМЗ.

Основные технические данные РТК дуговой сварки поперечины панели приборов:

- количество свариваемых деталей — 22 шт.;
- производительность при 100%ном использовании 69 шт./ч;
- скорость сварки 10 мм/с;
- длина сварных швов 1280 мм;
- время выпуска (такт) 52,3 с;
- габариты (Д×Ш×В) 31000×5500×3000 мм.

Сварка осуществляется в среде углекислого газа с периодической зачисткой и смазкой горелки через заданное число циклов. Проект был выполнен по всем мировым стандартам с учетом промышленной безопасности и эргономики.

РТК состоит из четырех постов, на которых задействованы семь роботов TUR-15 с современным навесным сварочным оборудованием. Единственная ручная операция — закладка свариваемых деталей.

Пост 1 состоит из промышленного робота TUR-15 с комплектом автоматической сварки и поворотного стола с электромеханическим приводом, который имеет пневматический фиксатор для контроля положения. Положение фиксатора (нижнее и верхнее) определяется двумя конечными выключателями. На поворотном столе смонтированы две плиты с фиксирующей



РИС. 1. ◀
РТК дуговой сварки поперечины панели приборов ВА3-2190

оснасткой для сборки свариваемых деталей. Для распознавания плит установлены два конечных выключателя. Робот в исходном положении контролируется стойкой с конечным выключателем.

Посты 2–4 имеют одинаковый состав, включающий два робота TUR-15, оснащенных комплектами автоматической сварки, и два кантователя с электромеханическими приводами и блочными выключателями, на которых установлены рамы с фиксирующей оснасткой.

Посты имеют ограждения, которые являются комплексной системой безопасности от травмирующих факторов исполнительных узлов РТК, а также защищают от воздействия электрической дуги. Ограждения состоят из типовых секций-рамок с проволочной сеткой, стоек, калитки с датчиком контроля, брызгозащитных экранов и светового барьера в зоне загрузки-выгрузки.

Поперечина панели приборов — довольно сложное изделие, и ВМЗ является сегодня единственным поставщиком этой детали для семейства автомобилей Lada Kalina, Chevrolet Niva, а теперь и Lada Granta.

РТК ДУГОВОЙ СВАРКИ ПЕРЕДНИХ СИДЕНИЙ

РТК дуговой сварки передних сидений (рис. 2) для ручной сбор-

ки и автоматической сварки основания подушки переднего сиденья в сборе (комплекс № 1) и каркаса спинки переднего сиденья в сборе ВА3-2190 (комплекс № 2) изготовлен для российско-словенского предприятия ООО «ТПВ РУС» (г. Сызрань).

РТК оснащен четырьмя роботами ПР-150, изготовленными ВМЗ по лицензии фирмы KUKA. Сварка осуществляется в среде углекислого газа с периодической зачисткой

РИС. 2. ▼
РТК со стационарными столами и грейферами с зажимной оснасткой и быстроразъемными соединениями сварки передних сидений ВА3-2190





РИС. 3. ▲
Автоматическая линия контактной точечной сварки кузова автомобиля ВАЗ-2190

и смазкой горелки через заданное число циклов.

Основные технические данные РТК дуговой сварки передних сидений:

- количество свариваемых деталей — 11/11 шт.;
- производительность при 100%-ном использовании 143 шт./ч;
- скорость сварки 8–12 мм/с;
- длина сварных швов — 438/385 мм;
- время выпуска (такт) 34 с;
- габариты (Д×Ш×В) 18150×5105×3703 мм.

Каждый из двух комплексов РТК состоит из промышленного робота ПР-150 с установленным на него быстроразъемным соединением, двух столов под грейфер и двух грейферов с зажимной оснасткой и быстроразъемным соединением. Сварочная горелка и зачистное устройство установлены на стойку.

В процессе работы после выполнения заданных циклов сварки робот перемещается к устройству очистки сварочной горелки, где производится очистка горелки от сварочных брызг, а также обрезка проволоки и распыление антипригарной жидкости.

Зачистка горелки происходит следующим образом. После определенного числа циклов сварки включается альтернативный цикл. Робот (без грейферов) подходит к сварочной горелке, срабатывает датчик определения типа, затем происходит блокирование быстро-

разъемного соединения. Подается сигнал на разблокирование горелки. Затем робот переносит горелку к месту зачистки, происходит чистка, затем опрыскивание и откусывание проволоки. Робот перемещает горелку в исходное положение, срабатывает датчик наличия и происходит ее блокирование, затем происходит разблокирование быстроразъемного соединения и робот возвращается в исходное положение, либо продолжает сварку по программе.

В планах «ТПВ Рус» ежегодно поставлять на «АВТОВАЗ» до 350 тыс. комплектов сидений Lada Granta.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ КУЗОВА

Автоматическая линия контактной точечной сварки кузова автомобиля, изготовлена для ООО «ОАГ» (г. Ижевск).

- Основные технические данные АЛ:
- производительность при 90%-ном использовании 25 шт./ч;
 - количество точек сварки 725 шт.;
 - время выпуска (такт) 130 с;
 - количество постов 18 шт.;
 - габариты (Д×Ш×В) 98200×10500×5600 мм.

Автоматическая линия оснащена 24 роботами, в том числе 20 роботами TUR-150 [3] конструкции ВМЗ,

четырьмя роботами KR180L150-2K фирмы KUKA и клещами для контактной точечной сварки, также конструкции ВМЗ.

Посты автоматической линии включают в свой состав следующие типовые конструкции:

- ГЕО-тележка — сварная рама, на которой смонтированы пневмоприжимы, ложементы и фиксаторы для автомобильных деталей с целью создания геометрии основания. Снизу рамы закреплены цепь, служащая для зацепления со звездочками мотор-редукторов, и ролики для движения по направляющим.
- Гидравлический подъемник грузоподъемностью 3 т предназначен для перемещения ГЕО-тележки. В состав подъемника входит сварная рама, на которую установлен конический мотор-редуктор со звездочкой на выходном валу.
- Стационарный стол — сварная двухуровневая металлоконструкция, на которой установлены направляющие. Для перемещения ГЕО-тележки по направляющим на верхнем уровне смонтированы два мотор-редуктора: один стационарно, другой — на откидном кронштейне. Для фиксации ГЕО-тележки в положении сварки предусмотрены откидные упоры и пневмоцилиндр дожима. На нижнем уровне для возврата ГЕО-тележки на пост также смонтирован мотор-редуктор со звездочкой на выходном валу.

В состав постов также входят роликовые столы с электромеханическим приводом, устройства для укладки и подъема скидов, переключатели основания, которые имеют электромеханические приводы на перемещение между постами и подъем-опускание, а также пневмопривод зажима основания. Для безопасности работы операторов предусмотрены фотобарьеры. При этом собственно сварку выполняют напольные роботы и роботы, установленные на портале.

РТК ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

РТК лазерной резки (рис. 4) объемных кузовных деталей и раскрой листового материала (металла, пластмасс и т. д.) состоит из промышленного робота ПР-125, двух-



РИС. 4. ◀
РТК лазерной резки

позиционного поворотного стола, комплекса ограждений и электрооборудования.

РТК работает следующим образом. Операторы вручную загружают заготовку детали на обе планшайбы поворотного стола, закрывают ворота ограждения и нажимают кнопку «Пуск». Робот начинает резку детали по программе. По окончании резки он возвращается в исходное положение, операторы открывают ворота, разгружают готовую деталь и загружают следующую заготовку. Далее циклы повторяются.

В случае, если робот не может охватить всю геометрию заготовки, он работает по двум программам, а именно: по окончании резки по первой программе он возвращается в исходное положение, стол поворачивается на 180°, и робот начинает работу по второй программе. Закончив работу по второй программе, робот возвращается в исходное положение, а стол поворачивается на 180° в исходное положение. Операторы разгружают готовую деталь и загружают следующую заготовку. Далее циклы повторяются.

РТК ЗАГРУЗКИ/ВЫГРУЗКИ ДЕТАЛЕЙ

РТК загрузки/выгрузки деталей в машину литья под давлением (МЛД) для металлургического производства ОАО «АВТОВАЗ».

РТК (рис. 5) предназначен для автоматизации процессов литья под давлением на МЛД с помощью робота TUR-150.

Основные технические данные РТК:

- производительность РТК 19 циклов/час;
- тип устройства для извлечения и транспортирования куста отливок — робот TUR-150;

- шесть степеней подвижности;
- номинальная грузоподъемность 150 кг;
- максимальная абсолютная погрешность позиционирования не более $\pm 0,2$ мм.

Манипулятор робота TUR-150 установлен на металлическую подставку и оснащен захватным устройством с пневматическим приводом. Робот работает в комплексе с машиной литья под давлением и обрубным прессом, либо только с МЛД. Вся территория вокруг манипулятора огорожена металлическим ограждением и оборудована двумя дверьми с блокирующими работу РТК устройствами. Общим циклом работы всего комплекса управляет контроллер, установленный в шкафу управления МЛД.

Манипулятор робота из позиции исходного положения, получив сигнал от МЛД, входит в раскрытую машину и с помощью захватного устройства извлекает куст отливки. После чего он подносит куст отливок к напольной установке контроля отливок, опускает в бак с холодной водой для охлаждения и затем, в зависимости от резуль-

тата контроля, кладет либо под обрубной пресс, либо на поддон для брака. Затем подходит к стойке исходного положения. Цикл завершен. В случае неполного извлечения куста отливок контроллер МЛД получает соответствующий сигнал от установки контроля и прерывает автоматический цикл работы. При работе РТК по укороченному циклу (без обрубного пресса) манипулятор после операции контроля укладывает куст отливок либо в тару для годных изделий, либо в тару для брака.

Система управления машины в процессе цикла осуществляет контроль за работой пресса, а также контроль годности отливки с помощью устройства контроля отливки, которое содержит восемь инфракрасных датчиков. Контролю подлежат части отливки, которые вероятнее всего могут остаться в форме, после того как отливка удалена, поэтому датчики своей рабочей поверхностью направляются именно в эти ненадежные места. Регулировка положения датчиков осуществляется посредством их перемещения по штативам. Расстояние от рабочей поверх-

РИС. 5. ▼
РТК загрузки/выгрузки деталей в машину литья под давлением

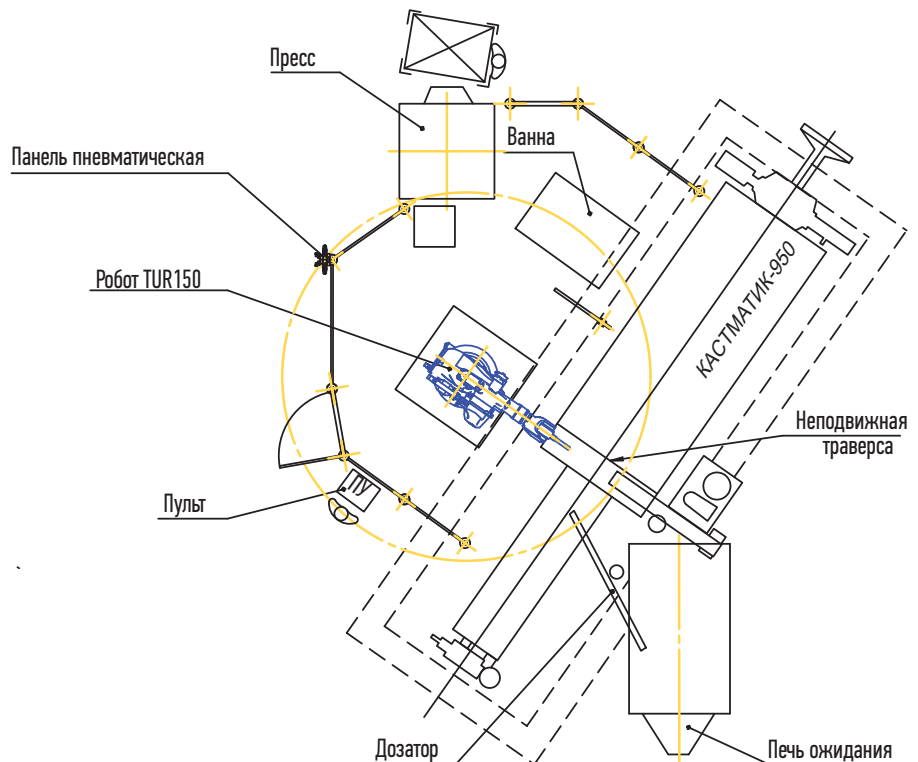


РИС. 6. ▶
РТК для нанесения
жидкой прокладки



ности датчика до контролируемой поверхности отливки должно быть не более 200 мм.

РТК ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЖИДКОЙ ПРОКЛАДКИ

Основные технические данные РТК для нанесения жидкой прокладки на корпус картера сцепления для механосборочного производства ОАО «АВТОВАЗ» (рис. 6):

- производительность при 80%-ном использовании 65 шт./ч;
- расход жидкой прокладки на одну деталь — 4,1 см³/шт.;
- продолжительность цикла 44 с;
- габариты (Д×Ш×В) 3100×2800×2000 мм.

Основным исполнительным органом РТК является программируемая рука робота TUR15 с шестью степенями свободы,

установленная на подставке манипулятора.

Нанесение жидкой прокладки на картер сцепления производится через клапан подачи мастики, куда мастика подается от насосной станции. Точное позиционирование паллеты вместе с заготовкой в зоне обработки, а также отсечение транспортного потока обеспечивают два гидроцилиндра устройства фиксации и подъема, установленные на сварном основании. Для дублирования работы робота TUR-15 при его отключении введен пост ручного донанесения мастики. В пост входит ручной стопор, ложемент под картриджи и ручной пистолет с пневмоуправлением. Подача паллет с заготовками и отвод их из зоны работы робота TUR-15 производится цеховым транспортом.

РОБОТ-ЗАЛИВЩИК

В некоторых случаях выгоднее для автоматизации конкретного процесса разработать специальную конструкцию. Одним из примеров такой специальной конструкции является робот-заливщик (рис. 7), спроектированный для металлургического производства ОАО «АВТОВАЗ». Робот предназначен для зачерпывания порции расплавленного металла в тигельной печи с последующей его заливкой в кокиль. Он сконструирован для работы в сочетании с пятипозиционной кокильной машиной карусельного типа.

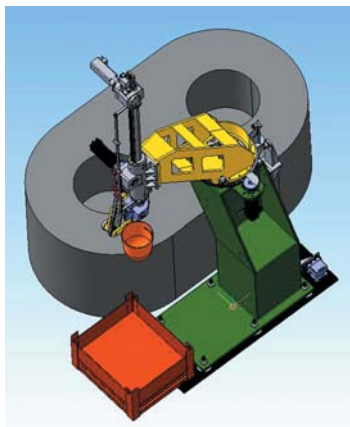


РИС. 7. ▶
Робот-заливщик

Основные технические данные робота-заливщика:

- время заливки 12–14 с;
- время цикла 53–55 с;
- угол поворота кронштейна 180°;
- ход перемещения ковша 800 мм;
- угол поворота ковша 180°;
- вместимость ковша 20 кг;
- габариты (Д×Ш×В) 1640×1260×3950 мм.

Робот соответствует общим требованиям безопасности ГОСТ 12.2.003-91, общим требованиям пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004-91, требованиям безопасности к шуму ГОСТ 12.1.000-83 и вибрации ГОСТ 12.1.012-90.

Робот состоит из станины, узла поворота кронштейна (перемещения ковша) и узла поворота ковша. Станина представляет собой сварную конструкцию, рассчитанную для установки на ней всех узлов, входящих в комплект робота.

Узел поворота кронштейна служит для перемещения ковша от тигельной печи (для зачерпывания расплавленного металла) до точки для заливки металла в кокиль и точки для очистки. Для осуществления этого движения кронштейн обладает возможностью поворотного движения в горизонтальной плоскости. Он смонтирован на поворотном устройстве с зубчатым венцом, которое само закреплено на станине. С зубьями венца зацепляется приводная шестерня, которая получает привод от электродвигателя через редуктор. Остановка в фиксируемых рабочих положениях осуществляется при помощи кулачкового барабана, воздействующего на конечные выключатели, установленные на станине.

Узел перемещения ковша обеспечивает подъем и опускание ковша при съеме металла из тигельной печи и заливке в кокильные станки. Крепится узел на верхнем конце кронштейна и состоит из корпуса, на котором установлен электродвигатель с редуктором, с закрепленной на валу шестерней. Полюй вал связан с зубчатой рейкой. В полости вала перемещается второй вал, который имеет в нижней и верхней частях реечную передачу, входящую в зацепление с шестерней привода поворота ковша.

Узел поворота ковша служит для съема металла из тигля и заливки его в кокиль, а также для очистки

ковша. Узел состоит из реечного механизма, привода и механизма поворота ковша. Реечный механизм с приводом и блоком выключателей крепится на верхнем конце полого вала механизма перемещения ковша. Механизм поворота ковша крепится на нижнем конце полого вала и состоит из корпуса и вала. На валу установлены шестерня и звездочка. Кронштейн цепной передачи установлен в корпусе и закреплен муфтой. На нижнем конце кронштейна смонтирована вторая звездочка. Вращение ковша осуществляется приводной роликовой цепью.

В исходном положении робота кронштейн находится в позиции у тигра, ковш вверх в горизонтальном положении. Цикл начинается с разблокировки тормоза двигателя, и ковш опускается для съема металла. При соприкосновении зондов с зеркалом металла ковш наклоняется и забирает металл, затем немного поднимается для его дозирования. По истечении 1,5 с (время для слива лишнего металла) он возвращается в горизонтальное положение, ковш поднимается вверх и кронштейн поворачивается к кокильному станку. Производится разблокировка тормоза и ковш опускается в позицию заливки. Включается привод вращения ковша, и металл заливается в кокильный станок. Скорость заливки регулируется контроллером системы управления. По окончании заливки металла ковш поднимается вверх, и кронштейн поворачивается к позиции очистки ковша. Ковш вращается на 180° от горизонтального положения и очищается от окисных пленок. Очищенный ковш возвращается в горизонтальное (исходное) положение. Регулировка дозы забираемого металла осуществляется установкой угла наклона ковша, регулированием натяжителя цепи и регулированием высоты зондов.

СВАРОЧНЫЕ КЛЕЩИ

Автоматизация производственных процессов с использованием промышленных роботов диктует необходимость развития специального инструмента для роботов. Примером инструмента, разрабатываемого ВМЗ, могут служить X- и C-образные сварочные клещи [4],

предназначенные для роботизированной контактной точечной сварки (рис. 8).

При разработке сварочных клещей специалисты ВМЗ исходили из необходимости сварки деталей из листа с цинковым покрытием с суммарной толщиной до 4 мм, применяемых для обеспечения требований по коррозионной защите кузова автомобиля в ОАО «АВТОВАЗ», что выдвинуло ряд дополнительных требований, а именно [5]:

- Сварка должна выполняться сварочными клещами с более мощными трансформаторами.
- Заточку электродов необходимо осуществлять через 20–30 точек сварки.
- Сварочное оборудование должно иметь активный контроль величины сварочного тока, при котором в каждом сварочном цикле специальные регуляторы измеряют и сравнивают с эталоном величину тока, а в случае отклонений производится корректировка, что обеспечивает соответствие тока определенной величине и, следовательно, надежность и высокое качество сварки.

Новая модель сварочных клещей ВМЗ со встроенным трансформатором мощностью до 63 кВА предназначена для электроконтактной сварки переменным током деталей из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, в том числе оцинкованных холодным (электролитическим) или горячим способом [6].

Сварочные клещи могут использоваться в качестве исполнительного устройства роботов грузоподъемностью 150 кг и более, а также в составе сварочных машин и автоматических линий, имеющих систему управления клещами. Реализация программируемого усилия на сварочных электродах и исключение явления «дрезбга электродов» в новой модели сварочных клещей обеспечивается включением в состав пневмопривода подвижного электрода редукционного клапана с пропорциональным управлением. При этом возможность подачи в одну из полостей уравновешивающего пневмоцилиндра сжатого воздуха (при одном из двух реду-

цированных давлений) обеспечивает уравновешивание подвижной массы при изменении пространственного положения сварочных клещей, что повышает качество сварки.

По сравнению со сварочными клещами с пневматическим приводом C-образного типа со встроенным трансформатором фирм NIMAC (Германия) и ARO (Франция), клещи производства ВМЗ имеют более простую конструкцию, обеспечивающую повышение надежности за счет эффективного охлаждения токоведущих элементов. На базе таких сварочных клещей в ОАО «АВТОВАЗ» созданы робототехнические комплексы для изготовления автомобилей Lada Kalina, Lada Priora и Lada Granta, а также линии сварки кузова для изготовления автомобилей Chevrolet Niva и УАЗ Patriot.

В рамках развития сварочных технологий и оборудования на ВМЗ ведутся опытно-конструкторские

РИС. 8. ▼
C-образные сварочные клещи конструкции ВМЗ





РИС. 9. ▲
Стенд для испытания
сварочных клещей

работы по улучшению технических характеристик сварочных клещей, прорабатываются варианты применения сервоприводов и режимов среднечастотной сварки.

В современных условиях для создания конкурентоспособной продукции необходима кооперация отечественных производителей с признанными мировыми лидерами в области средств автоматизации. Примером такой кооперации может служить совместная работа ВМЗ с одним из лидеров в области проектирования и внедрения систем пневмоавтоматики ООО «Камоцци Пневматика» (Италия).

В настоящее время специалисты Волжского машиностроительного завода совместно с работниками Технического центра Camozzi в России при консультационной поддержке исследовательского центра Camozzi SpA (Camozzi Reseach Centre, CRC) проводят цикл работ, направленных на повышение качества роботизированной сварки. В том числе за счет обеспечения постоянного усилия на электродах сварочных клещей при их разном пространственном положении и улучшения их динамических характеристик.

На рис. 9 представлен общий вид стенда для испытания сварочных

клещей в лаборатории Технического центра ООО «Камоцци Пневматика».

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РТК

Разработка сложных робототехнических комплексов невозможна без использования современного программного обеспечения для 3D- и динамического имитационного моделирования производственных процессов.

Имитационное моделирование работы РТК при разработке проектов на ВМЗ в настоящее время осуществляется с использованием пакета программного обеспечения Robcad. На заводе это ПО применяется для моделирования работы РТК и автоматических сварочных линий для контактной точечной и дуговой сварки, лазерной резки, зафланцовки, нанесения клея и т. п. С помощью этого пакета решаются следующие задачи:

- оптимизация компоновки оборудования;
- подбор роботов и инструмента (в частности, сварочных клещей);
- анализ достижимости роботами сварочных точек;
- проверка возможности соблюдения роботами заданного времени цикла;
- оптимизация траекторий движения робота;
- перераспределение сварочных точек между роботами;
- анализ статических¹ столкновений роботов с элементами инфраструктуры РТК;
- анализ динамических² столкновений в ячейке РТК;
- калибровка моделей ячеек РТК в соответствии с реальными отклонениями при изготовлении и монтаже оборудования;
- создание управляющих программ для контроллера робота.

В связи с развивающейся тенденцией применения РТК для выполнения большого количества часто меняющихся заданий на первый план выходит задача автоматизированной генерации программы управления роботом, или задача offline-программирования. При

этом изготовление роботов, которые не включены в библиотеки программного обеспечения для имитационного моделирования, теряет смысл. В связи с этим ООО «Сименс Индустри Софтвер» и ООО «ВМЗ» подписали соглашение о сотрудничестве, в котором стороны проявили взаимную заинтересованность в совместной работе и установлении стратегического партнерства. В том числе стороны договорились о внесении линейки роботов TUR, разработанных на ООО «ВМЗ» [6], в библиотеки систем имитационного моделирования Robcad, RobotExpert и Process Simulate.

* * *

Приведенные в статье примеры типовых роботизированных решений, применяемых в производстве, свидетельствуют о все большем распространении роботов, которые заменяют человека в условиях опасного производства и в производственных процессах, требующих квалифицированных рабочих и стабильного качества продукции. При этом проводниками роботизированных технологий в производство являются системные интеграторы, квалификации и производственные возможности которых играют решающую роль в автоматизации производственных процессов. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Гундель М. Существующие технологии в робототехнике.
2. <http://robot.vaz.ru>.
3. Пат. на пром. образец № 79080, МПК08 15-09. Манипулятор промышленный (TUR-150) / В. В. Серебрянный, В. С. Минаев, Д. Е. Рыбальченко, М. А. Шмельков; заявитель и патентообладатель ОАО «АвтоВАЗ» № 2010501229; заявл. 05.05.2010; опубл. 16.07.2011.
4. Пат. № 2449869 (РФ), МПКВ В23К11/00. Сварочные клещи / А. М. Чернецов, С. Н. Севостьянов, А. А. Афанасьев, Н. Н. Сидорно, В. П. Варламов, А. В. Васильев, Д. В. Хантеев; заявитель и патентообладатель ОАО «АвтоВАЗ» № 2009148402; заявл. 24.12.2009.
5. Серебрянный В. В., Рыбальченко Д. Е., Севостьянов С. Н. Новая концепция робототехнических комплексов с применением системы автоматизированного моделирования в режиме реального времени // Мир сварки. 2010. № 12.
6. Рыбальченко Д. Е. Роботизированные комплексы на базе отечественных роботов и оснастки. Самарский региональный центр технического перевооружения промышленности. Семинар «Комплексный подход к модернизации производства. Организация современного машиностроительного предприятия». Самара. 2010

¹ Под статическими столкновениями понимаются столкновения, возникающие в ключевых точках независимо от траектории движения других объектов. Например, невозможность подхода к сварочной точке из-за врезания руки робота в элементы оснастки.

² Под динамическими столкновениями понимаются столкновения, возникающие при одновременной работе нескольких механизмов в одной зоне.