

АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОГО СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

И. В. ЛЕНДЕЛ¹, В. А. ЛЕБЕДЕВ², С. Ю. МАКСИМОВ¹, Г. В. ЖУК²

¹ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины,
03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 15. E-mail: dktbpaton@gmail.com

В статье приведены примеры роботизации, автоматизации и механизации сварочных и родственных процессов на базе механического сварочного оборудования (МСО). В состав комплексов и установок, применяемых для процессов сварки или наплавки, входят как серийные образцы МСО, так и специально созданные, учитывающие индивидуальность конструкции изделия и технологические особенности его изготовления. Показано широту решаемых задач и возможность отечественного производителя МСО осуществлять разработку и создавать современные высокотехнологические комплексы и установки для сварки и наплавки. Отмечена возможность разработки специального МСО для новых технологий сварки и наплавки в составе роботизированных комплексов и автоматических установок. Библиогр. 9, рис. 5.

Ключевые слова: дуговая сварка, наплавка, механическое сварочное оборудование, автоматизация, механизация.

Выполнение сварочных работ связано с необходимостью использования комплекса оборудования, обеспечивающего, зачастую при участии сварщика, получение швов заданного качества и конфигурации. На условия выполнения сварки больше, чем на какой-либо другой технологический процесс обработки металлов, влияют размеры и форма заготовок, качество и точность сборки, а также изменение в процессе работы размеров деталей вследствие тепловых деформаций. Поэтому к оборудованию, которое используется для организации сварочных работ, предъявляются многочисленные требования и уделяется огромное внимание [1–4].

В состав комплекса технологически связанного между собой оборудования, обеспечивающего проведение сварочных работ, в зависимости от степени его оснащенности входят:

- источник питания и сварочный аппарат с приборами управления, регулирования процесса и электрододержателем;
- механическое и вспомогательное оборудование, предназначенное для манипулирования свариваемым изделием в процессе наложения шва и для крепления и перемещения сварочных аппаратов;
- технологические сборочно-сварочные приспособления, позволяющие осуществить быструю и точную сборку деталей под сварку, удержать их в нужном положении во время работы и предотвратить или уменьшить при этом коробление свариваемого изделия.

В каждом отдельном случае комплекс или сварочная установка может иметь все перечисленные элементы или некоторые из них. Поскольку зна-

чительное время расходуется на вспомогательные, сборочные и дополнительные работы, что снижает эффективность применения современных высокопроизводительных способов сварки, сокращение цикла производства и высокое качество сварных швов могут быть достигнуты только при комплексной механизации и автоматизации сварочных, сборочных и вспомогательных операций. Уровень комплексной механизации обуславливает наличие в составе установки технологических приспособлений, механического, вспомогательного и другого оборудования (транспортного, контрольного и тому подобного) [1–5].

Как известно, установка для автоматической сварки содержит устройства для укладки, сборки и вращения свариваемого изделия, площадку для сварщика и другое оборудование. В ней механизированы, по крайней мере, две основные операции сварочного процесса: подача электрода и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок. Соответственно установки, где механизирована только одна из этих операций, считаются установками для полуавтоматической сварки [1–4].

Решающее значение для комплексной механизации процесса сварки имеет наличие в составе сварочной установки механического и вспомогательного оборудования. Согласно работе [6] к механическому сварочному оборудованию (МСО) относятся: горизонтальные, вертикальные и универсальные манипуляторы, роликовые и балансирные вращатели; цепные кантователи; трубные вращатели. Кроме этого, к данному типу оборудования относятся также сварочные порталы, тележ-

ки, столы сварщика, а также колонны для сварочных автоматов и полуавтоматов.

Некоторую оснастку или простейшие образцы вспомогательного МСО машиностроительные предприятия, в технологическом цикле производства продукции которых присутствуют сварочные работы, могут изготовить сами на собственных производственных мощностях. Однако зачастую в таких случаях обращаются к специалистам специализированных предприятий, где готовы предложить профессиональное, комплексное решение автоматизации и механизации сварочных и родственных процессов.

В Украине таким предприятием является ПАО «Ильницкий завод механического сварочного оборудования» («ИЗМСО»), которое берет свое начало с 1964 г. Данное предприятие было создано для разработки и внедрения оборудования автоматизации и механизации сварочных работ. Начиная с момента образования им осваивался выпуск все новых и новых видов МСО и одновременно наращивался объем выпуска, что позволило полностью удовлетворить потребности страны. В тесном сотрудничестве с Всесоюзным институтом сварочного производства (ВИСП) был освоен выпуск вращателей сварочных (универсальных, горизонтальных, вертикальных, роликовых), а также колонн для сварочных автоматов и полуавтоматов. Совместно с Институтом электросварки им. Е. О. Патона осваивался выпуск новых моделей горелок таких типов, как А1231 и ГДПГ-305 для электродуговой сварки, а также проводилась модернизация горелки А-547уМ. Совместная работа украинских партнеров дала возможность выпускать оборудование и комплексы для наплавки и восстановления деталей металлургических комбинатов и ремонтных заводов.

Подтверждением этому служат такие комплексы, как: РМ-04, РМ-05, РМ-06, РМ-09 (рис. 1, а) — для автоматической дуговой наплавки колес грузоподъемных кранов; РМ-15 (рис. 1, б) — универсальная установка для наплавки канатных блоков диаметром до 2,5 м и других цилиндрических и плоских деталей; РМ-165 и ИЗРМ-05 (рис. 1, в) — для автоматической дуговой наплавки малогабаритных цилиндрических деталей диаметром до

0,5 м, длиной до 1 м, массой до 120 кг; РМ-10 — для наплавки прокатного инструмента диаметром до 0,6 м, длиной до 2 м, массой 5000 кг, и ряд других установок. В зависимости от конструктивных особенностей и массогабаритных характеристик наплавляемых изделий в состав установок входят универсальные манипуляторы, колонны, роликовые вращатели, столы сварщика производства ПАО «ИЗМСО» в их серийном или специальном исполнении.

Для повышения степени технико-технологических характеристик производимого МСО специалисты ПАО «ИЗМСО» проводят постоянную модернизацию выпускаемой продукции для того, чтобы потребитель имел возможность установить, задействовать и пользоваться системами с новыми технологическими решениями и всеми преимуществами современного сварочно-наплавочного оборудования, например, с импульсными технологиями. Так, в тесном сотрудничестве с ГП «ОКТЬ Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины» была проведена доработка установки ИЗРМ-05 для возможности оборудования ее безредукторными системами подачи электродной проволоки на базе безколлекторных электродвигателей с управлением от компьютеризованных регуляторов. Такие системы обеспечивают работу с модуляцией режимов и управляемой импульсной подачей электродной проволоки. Новые системы подачи вследствие эффективного управления переносом электродного металла и снижения тепловложений в изделие, в комплексе с рассматриваемым оборудованием, позволяют:

- получить сварку-наплавку с энерго- и ресурсосберегающими эффектами;
- снизить деформацию изделия;
- обеспечить качественное ведение процесса во всех пространственных положениях, в том числе выполнение горизонтальных швов на вертикальной плоскости и в потолочном положении.

Рациональность применения в системах манипуляторов, вращателей, передвижных колонн, новых разработок сварочно-наплавочного оборудования обусловлена, в том числе, и возможностью



Рис. 1. Установки для наплавки и восстановления деталей: РМ-09 (а); РМ-15 (б); ИЗРМ-05 (в)



Рис. 2. Роботизированные комплексы с применением универсального манипулятора (а), универсального и двухстоечного горизонтального манипулятора (б)

этого оборудования поддерживать заданные параметры рабочего движения даже в протяженных циклах, с высокой степенью точности осуществлять позиционирование рабочего инструмента. В качестве примера можно отметить, что передвижные сварочные колонны могут выполнять высокопроизводительную сварку протяженных изделий типа настилов с возможностью высокоточного сканирования рельефа свариваемых поверхностей, что обеспечивается применением современных компьютеризованных электроприводов и датчиков расстояния до свариваемой поверхности.

Следующим примером комплексной автоматизации и роботизации процессов сварки, наплавки и резки с применением продукции производства ПАО «ИЗМСО» являются разработки холдинга «Белфингрупп». Данная компания специализируется на проектировании и создании роботизированных технологий и занимается промышленной роботизацией. Специалисты «Белфингрупп» разработали и внедрили роботизированный комплекс (РТК), который решает такие задачи, как резка труб различных диаметров и длин по сложным 3D траекториям. Данный РТК не только обеспечивает высокоточное вырезание отверстий, но также обрезку и торцевание труб. Оборудование позволяет осуществлять резку труб длиной до 12 м и диаметром до 1,2 м (рис. 2, а).

РТК (рис. 2, б) решает более универсальные задачи по дуговой сварке. Наличие в составе РТК двух разнотипных манипуляторов производства ПАО «ИЗМСО» гарантирует возможность сварки большой и разнообразной номенклатуры изделий. В настоящее время оба РТК введены в эксплуатацию и задействованы в серийном производстве.

Существует большое количество реализованных проектов комплексной автоматизации и механизации процессов сварки и наплавки, предложенных специалистами ПАО «ИЗМСО» с использованием специального МСО собственной разработки.

К числу таких относится комплекс для сварки железнодорожных цистерн (рис. 3, а) для ПАО

«Крюковский вагоностроительный завод», состоящий из колонны велосипедного типа КВТ-05 и роликового вращателя. Для АО «НИКИМТ-Атомстрой» разработан и изготовлен комплекс (рис. 3, б) механизированной сварки трубопроводов диаметром до 0,3 м, длиной до 6 м и массой до 2000 кг, используемых на объектах атомной энергетики, а также комплекс (рис. 3, в) для сварки элементов диаметром до 2 м, массой до 3000 кг активной зоны атомных реакторов. В случае, представленном на рис. 3, б, комплекс состоял из специального двухстоечного горизонтального вращателя, включая колонну для сварочного автомата, а на рис. 3, в — универсального манипулятора, роликового стэнда и колонны. Последний комплекс (рис. 3, в), был укомплектован специальной системой слежения за стыком, которая позволяла для получения постоянной скорости сварки вести корректировку скорости вращения приводных роликов стэнда. Для ООО «МПВФ «Энергетик» был разработан уникальный сварочный комплекс (рис. 3, в), включающий специальную колонну Т-31060 с ходом рабочего органа по горизонтали и вертикали более 3 м и тандемный роликовый стэнд грузоподъемностью до 5000 кг, которые программно были связаны между собой. Комплекс осуществляет двустороннюю автоматическую сварку под флюсом продольных и кольцевых швов барабанов паровых котлов, обечаек емкостей больших диаметров и толщин.

Кроме этого, для ООО «МПВФ «Энергетик» на ПАО «ИЗМСО» были разработаны и изготовлены уникальные образцы МСО, среди которых передвижной портал (рис. 4, б) для сварки изделий длиной до 7 м и установка (рис. 4, в) для полуавтоматической сварки под флюсом кольцевых и продольных внутренних швов емкостей длиной до 3 м и диаметром от 0,4 м. Установка (рис. 4, в) состоит из колонны с неподвижной стрелой. На конце стрелы установлен бункер для флюса, сварочная горелка и элементы системы наблюдения за процессом сварки. Портал и колонна (рис. 4, б, в) имеют возможность перемещаться по рель-



Рис. 3. Комплексы автоматизации и механизации сварочных процессов с использованием специального МСО

совому пути со сварочной скоростью. Также, для осуществления механизации сварки и родственных процессов, были разработаны и изготовлены универсальный манипулятор грузоподъемностью 7000 кг (рис. 4, а) и балансирный вращатель гру-

зоподъемностью 40000кг (рис. 4, з) для Мариупольского МК им. Ильича.

Особенности манипулятора — увеличенные габаритные характеристики планшайбы (диаметр 1,4 м) и наличие водяного охлаждения шпин-



Рис. 4. Уникальные образцы МСО: универсальный манипулятор грузоподъемностью 7000 кг (а), передвижной портал (б), установка для полуавтоматической сварки под флюсом кольцевых и продольных внутренних швов (в), балансирный вращатель грузоподъемностью 40000 кг (з)



Рис. 5. Некоторые другие варианты применения МСО: разматыватель для погружения и поднятия сварочного автомата (а), демонстрационный вращающийся подиум (б)

деля и подшипниковых узлов стола. А балансирный вращатель имеет возможность перемещаться по рельсовому пути и, в зависимости от диаметра изделий, изменять расстояние между роликкооперами.

Следует заметить, что кроме серийного оборудования, предприятие решает задачи создания уникального оборудования с высокими эксплуатационными характеристиками. Механизированное сварочное оборудование или его отдельные узлы и механизмы могут применяться и для изготовления других изделий. В качестве примера можно отметить разработку и изготовление разного рода разматывателей (рис. 5, а) или демонстрационного оборудования (рис. 5, б).

Плавный пуск, обеспечение стабильной частоты вращения шпинделя и крутящего момента на

протяжении длительного периода времени, возможность плавно регулировать частоту вращения шпинделя, возможность регулировать скорость набора нужной частоты его вращения и высокая надежность узлов вращателя как нельзя кстати подошли при решении технического задания по разработке комплекса для автоматической подводной сварки [7] и обеспечения погружения и поднятия сварочного автомата с глубины порядка 200 м, а также при разработке и изготовлении разматывателя для кабельных сборок комплекса глубоководной сварки, описанного в работе [8]. В свою очередь, конструкционная схема вертикального вращателя подходит для демонстрационного вращающегося подиума, используемого, например, на автомобильных выставках.

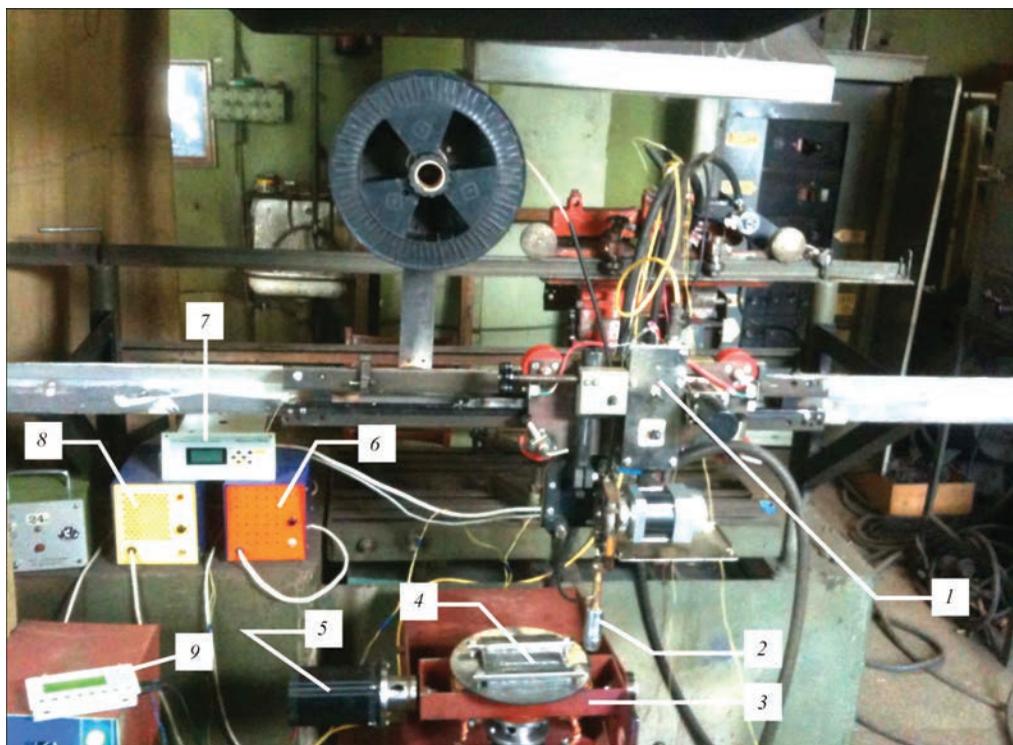


Рис. 6. Схема установки для наплавки с подвижной станиной: 1 — пульт управления перемещения горелки; 2 — горелка; 3 — станина; 4 — наплавляемая деталь; 5 — двигатель, сообщающий колебания изделию; 6 — блок питания пульта управления поз. 1; 7 — индикатор скорости перемещения горелки; 8 — блок питания двигателя поз. 5; 9 — программируемый пульт управления режимом работы двигателя поз. 5

Разрабатывается оборудование для новых технологий сварки и наплавки, в которых используются вибрационные процессы, позволяющие совершенствовать процесс наплавки с увеличением его производительности и получением мелкодисперсной структуры наплавленного слоя [9]. На рис. 6 приведена установка с управляемыми колебаниями наплавляемого изделия, разработанная и изготовленная на ПАО «ИЗМСО» за техническим заданием ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

Выводы

1. Как и прежде, МСО остается одним из востребованных видов оборудования, необходимого для обеспечения автоматизации и механизации сварочных и родственных процессов, которое способствует увеличению производительности труда и обеспечению заданного качества.

2. Применение современных безредукторных систем подачи электродной проволоки на базе безколлекторных электродвигателей с управлением от компьютеризованных регуляторов обеспечивает работу управляемой импульсной подачей электродной проволоки и наделяет МСО новыми технологическими возможностями.

3. Использование современных шаговых и вентильных электроприводов, преобразователей частоты вращения вала асинхронных двигателей и другой электроники существенно облегчает интегрирование отдельного МСО в сварочно-наплавочные комплексы, установки и роботизированные центры под общим управлением.

4. Современное производство МСО имеет возможность изготавливать широкий спектр и модельную линейку серийного МСО, а также готово вести разработку и изготовление специального МСО, учитывая индивидуальные пожелания заказчиков.

Авторы, благодарны главному конструктору В. И. Ленделу и всему коллективу ПАО «ИЗМСО» за предоставленную для данной статьи информацию.

Список литературы

1. Патон Б. Е. (ред.) (1974) *Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением*. Москва, Машиностроение.

2. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. (2012) *Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего*: монография. Томск, Изд-во Томского политехнического университета.
3. Pires J. Norberto, Loureiro Altino, Bólmsjo Gunnar. (2006) *Welding Robots. Technology, System Issues and Application*. Springer-Verlag London.
4. Sudnik W. (ed.) (2011) *Arc Welding*.
5. Low Kin Huat (ed.) (2006) *Industrial Robotics: Programming, Simulation and Application*, Pro Literatur Verlag, Germany/ARS, Austria.
6. ГОСТ 30295–96 *Кантователи сварочные. Типы, основные параметры и размеры*.
7. Максимов С. Ю., Лебедев В. А., Лендел И. В. (2015) Герметизация труб теплообменников «мокрой» сваркой на глубине 200 м. *Вопросы материаловедения*, 1, 199–204.
8. Лебедев В. А. (2015) Мехатронные и другие основные электротехнические системы механизированного оборудования для подводной сварки мокрым способом. *Электротехнические и компьютерные системы*, 17, 42–47.
9. Сараев Ю. Н., Лебедев В. А., Новиков С. В. (2016) Анализ существующих методов управления структурой металла сварного шва. *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*, 4, 1, 16–26.

І. В. Лендел¹, В. О. Лебедев², С. Ю. Максимов¹, Г. В. Жук²

¹ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.
03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11.
E-mail: office@paton.kiev.ua

²ДКТБ ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України.
03680, г. Київ-150, ул. Казимира Малевича, 15.
E-mail: dktbpaton@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЧНОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ

У статті наведені приклади роботизації, автоматизації та механізації зварювальних та споріднених процесів на базі механічного зварювального устаткування (МЗУ). До складу комплексів і установок, що застосовуються для процесів зварювання або наплавлення, входять як серійні зразки МЗУ, так і спеціально створені, що враховують індивідуальність конструкції виробу і технологічні особливості його виготовлення. Показано широту вирішуваних завдань і можливість вітчизняного виробника МЗУ здійснювати розробку і створювати сучасні високотехнологічні комплекси та установки для зварювання і наплавлення. Відзначено можливість розробки спеціального МЗУ для нових технологій зварювання і наплавлення в складі роботизованих комплексів і автоматичних установок. Бібліогр. 9, рис. 5.

Ключові слова: дугове зварювання, наплавлення, механічне зварювальне обладнання, автоматизація, механізація

Поступила в редакцію 11.05.2017