

З архіву наукових праць про внесок В. Є. Патона у розвиток космічних технологій

*У житті та діяльності Б. Є. Патона
особливе важливе місце займала творча атмосфера у сім'ї,
взаємна повага та взаєморозуміння.
Старший брат Бориса Євгеновича —
Володимир Євгенович Патон — унікальна особистість
та талановитий творець оригінальних конструкцій
зварювальних агрегатів.*

Н. П. Воропай, В. С. Гвоздецкий, В. М. Илюшенко

Институт электросварки им. Е. О. Патона
Национальной академии наук Украины, Киев, Украина

МИКРОПЛАЗМЕННАЯ СВАРКА: СОЗДАНИЕ АППАРАТУРЫ И РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Представленная статья отражает один из примеров многогранной инженерной и конструкторской деятельности В. Е. Патона, связанной с разработкой прецизионной аппаратуры для автоматизированной микроплазменной сварки. За создание и освоение способов, оборудования и технологии микроплазменной сварки применительно к изготовлению уникальных сотовых металлоконструкций систем противоракетной обороны В. Е. Патону в составе авторского коллектива в 1972 г. была присуждена Государственная премия УССР в области науки и техники. В настоящей статье рассмотрены принципы построения и конструктивные особенности универсального и специализированного оборудования для микроплазменной сварки, в создании которого непосредственное участие принимал В. Е. Патон, а также примеры практического применения прогрессивной технологии сварки.

Разработка микроплазменной сварки вызвана потребностью многих отраслей промышленности в высококачественных соединениях различных металлов и сплавов толщиной от нескольких десятых до 1—2 мм. Это, по сути, новый процесс обработки металлических и неметаллических материалов сжатой дугой, которая стабильно горит на малых токах, практически недостижимых для традиционной дуговой сварки неплавящимся и плавящимся электродом. В ИЭС им. Е. О. Патона еще в 1967 г. предложены оригинальные способы микроплазменной сварки разнополярным током и оборудование для их реализации. Они запатентованы в Англии, Германии, Италии, Франции и Японии.

Сущность способа микроплазменной сварки заключается в следующем. На вольфрамовый электрод подают отрицательные относительно изделия импульсы напряжения, под действием которых между электродом и изделием форми-

руется плазменная дуга прямой полярности. Для катодного разрушения оксидных пленок на свариваемом металле на сопло плазмотрона подают положительные относительно изделия импульсы напряжения. Между вольфрамовым электродом и соплом в потоке плазмообразующего газа непрерывно горит малоамперная дежурная дуга постоянного тока, создающая факел плазмы. В результате обеспечивается стабильный режим функционирования микроплазменной дуги разнополярного тока.

Плазмообразующий газ (аргон) поступает в кольцевой зазор между вольфрамовым электродом и молибденовым соплом; защитный газ (гелий или смесь аргон + водород) — в зазор между плазмообразующим и защитным соплом. Описанный способ оказался наиболее эффективным при сварке алюминия и алюминиевых сплавов малых толщин. Именно благодаря этому способу удалось создать сотовые тонкостенные изделия из алюминия.

¹ 3-е издание «Колега» (ДКТБ Института электросварки им. Е. О. Патона).

Сотовая конструкция антенных решеток собирается из отдельных секций, состоящих из большого количества сваренных между собой рупоров, верхние кромки которых имеют толщину 0.5—2.0 мм. Суммарная погонная длина торцевых швов одного изделия превышает 10 тыс. м. Для обеспечения необходимой работоспособности антенны кромки алюминиевых рупоров по всему периметру должны иметь надежный электрический и механический контакт. При этом к торцевым швам элементов антенны предъявляются жесткие допуски на геометрические размеры. Учитывая исключительно высокие технические требования к качеству сварных сотовых решеток антенны и весьма большой объем сварочных работ, выполняемых как в стационарных цеховых, так и в монтажных полевых условиях, конструкция аппаратов для микроплазменной сварки должна была обеспечивать ряд специфических функциональных возможностей, а именно:

- прецизионную точность направления электрода вдоль оси шва (отклонение не более ± 0.1 мм на 1 м шва);
- минимальные осевые отклонения дуги от установленного значения (не более ± 0.1 мм);
- надежную работу элементов плазмотрона и других узлов при непрерывной сварке в течение не менее 8 ч;
- стабильную подачу присадочной проволоки малого диаметра (0.8...1.2 мм);
- отсутствие в сварочных аппаратах чрезмерных инерционных сил, нарушающих равномерность скорости сварки;
- минимальные массу и габариты аппаратов;
- возможность переналадки оборудования для выполнения сварочных работ в полевых условиях.

В ИЭС им. Е. О. Патона создана гамма универсальных и специализированных аппаратов для микроплазменной сварки сотовых алюминиевых металлоконструкций.

Автомат А-1342 универсального типа состоит из тележки, механизма подачи присадочной проволоки, плазмотрона, системы корректировок, пульта управления и направляющего рельса. Скорость сварки плавно регулируется в пределах 10—100 м/ч. Присадочная проволока подается с помощью специального устройства, содержащего

привод и прижимной элемент, выполненный из эластичного пассика. Последний установлен на роликах таким образом, что находится в сопряжении с канавкой подающего ролика и охватывает его по дуге не более 90° .

Автомат А-1284 предназначен для выполнения продольных и поперечных торцевых швов. Он состоит из тележки, плазмотрона, направляющего рельса длиной 10 м и системы клавишных пневматических прижимов свариваемых рупоров. Ходовая часть тележки взята из универсального автомата А-1342. Автомат А-1284 комплектуется источником питания А-1281 и плазмотроном ОБ-1213.

Автомат А-1284Б позволяет производить микроплазменную сварку периферийных секций по прямоугольному периметру. Он выполнен на базе двух самоходных тележек, осуществляющих взаимно перпендикулярное перемещение плазмотрона типа ОБ-1213 по замкнутому периметру отдельного рупора. Электрическая схема автомата увязана со схемой управления источником питания А-1281 и плазмотроном ОБ-1213.

Аппарат А-1578 специализированного типа разработан для микроплазменной сварки продольных стыковых швов коробчатых элементов (рупоров). При соответствующей наладке аппарат обеспечивает сварку рупоров трех форм: прямоугольной, криволинейной и трапецеидальной. Аппарат состоит из самоходной тележки (автомата А-1342), источника питания А-1281 и плазмотрона ОБ-1213. В процессе сварки рупор остается неподвижным, а плазмотрон движется вдоль стыка со скоростью сварки.

Аппарат А-1579 выполняет автоматизированную микроплазменную сварку рупоров с закругленными углами. Речь идет о приварке фланцев к корпусу рупора. Для исключения инерционных сил, возникающих при вращении такого рода изделий и технологической оснастки, в данном аппарате свариваемые детали и оснастка не подвергаются вращению, а только перемещаются относительно плазмотрона в прямоугольных координатах. В момент окончания перемещения изделия плазмотрон поворачивается на угол, соответствующий углу между соседними швами. Для рупора прямоугольного сечения этот угол равен 90° . С целью уменьшения габаритных размеров установки

микроплазменную сварку производят горизонтальным швом на вертикальной плоскости.

Источник питания А-1281 предназначен для микроплазменной сварки разнополярными импульсами тока. Он состоит из силового трансформатора и тиристорных блоков VS1 и VS2. Положительные полупериоды напряжения через VS1 поступают на сопло, а отрицательные полупериоды через VS2 — на вольфрамовый электрод плазмотрона. Ток дуги прямой и обратной полярности регулируется дросселем или путем перемещения вторичной обмотки трансформатора. Для стабильного возбуждения разряда в начале каждого полупериода служит вспомогательная дежурная дуга, питаемая от источника постоянного тока.

Плазмотрон ОБ-1213 служит для микроплазменной сварки протяженных швов. От ранее применявшихся плазмотронов он отличается более интенсивным водяным Охлаждением рабочих элементов и большими токами (до 100 А). Цанговое подпружиненное устройство позволяет регулировать глубину посадки электрода внутри сопла в пределах 1—10 мм.

На основе описанных выше конструкторских разработок микроплазменная сварка успешно освоена при изготовлении разнообразных изделий из легких металлов и сплавов в авиационной, радиотехнической и машиностроительной отраслях. Так, например, разработана технология и оборудование для микроплазменной сварки алюминиевых корпусов бытовых электроводонагревателей типа БАС-10/МЧ-04 емкостью 10 л. Корпус этого изделия изготавливается из двух штампованных заготовок алюминиевого сплава АМц толщиной 1,5 мм. Соединение заготовок выполняют микроплазменной сваркой торцевыми швами по всему периметру корпуса на оборудовании, аналогичном аппарату А-1579. Примером применения микроплазменной сварки для стыковых соединений алюминия малых толщин являются заготовки уплотнительных прокладок химической аппаратуры. Толщина свариваемого металла в данном случае составляет 0,2—0,3 мм. Для микроплазменной сварки такого типа прокладок создана специализированная установка У-549. Многолетний опыт эксплуатации сварных прокладок свидетельствует об их надежности в

экстремальных условиях высоких температур и динамических нагрузок.

Накоплен также опыт использования микроплазменной сварки для изготовления алюминиевых корпусов конденсаторов, защитных кожухов и обечаек, а также других изделий ответственного назначения. Принципиальные конструкторские идеи, заложенные в прецизионную аппаратуру, нашли применение при разработке оборудования для механизированной сварки неповоротных стыков соединений алюминиевых и стальных трубопроводов малого диаметра. Разработана конструкция и создан опытный образец интегрированного плазмотрона для микроплазменной, лазерной и лазерно-микроплазменной сварки различных металлов малых толщин. Проведенные исследования технологических возможностей данного плазмотрона при сварке сталей, титановых и алюминиевых сплавов в микроплазменном, лазерном и гибридных режимах показали существенное повышение эффективности использования энергии лазерного пучка и микроплазменной дуги, объединяемых в гибридном процессе. Термические циклы при микроплазменной и аргонодуговой сварке неодинаковы. Так, например, время пребывания металла ЗТВ при 400 °С в условиях микроплазменной, аргонодуговой и лазерной сварки равно соответственно 6, 12 и 2 с. Изотермы нагрева ЗТВ при микроплазменной сварке сталей, алюминия, меди и их сплавов занимают промежуточное положение между соответствующими изотермами в условиях аргонодуговой и лазерной сварки. За последние годы в отечественной и зарубежной технической литературе опубликованы многочисленные статьи, посвященные гибридным лазерно-дуговым процессам сварки. Они свидетельствуют о несомненных их преимуществах перед традиционными способами сварки.

Длительное время микроплазменная сварка продлевала ресурс работы наплавленных деталей и узлов газотурбинных установок, штампов и рабочих поверхностей горнодобывающего оборудования. Этим способом ежегодно восстанавливалось около 100 тыс. турбинных лопаток, что позволило получить существенный народно-хозяйственный эффект и сэкономить сотни тысяч кубометров природного газа.

В сотрудничестве с Институтом хирургии и трансплантологии АМН Украины проведены научные исследования по использованию разработанного плазменно-хирургического комплекса «Плазмамед» для операций на живом организме. Преимуществом этого способа является полная бактерицидность, незначительная травматизация тканей тела живого организма и почти бескровность операций. Микроплазма бесшовно соединяет дефекты стенок желудочно-кишечного тракта. Она успешно лечит инфекционные и гнойные очаги заболеваний.

Имеются большие возможности дальнейшего расширения областей применения и увеличения объемов использования микроплазменной технологии. Особое внимание необходимо уделить созданию технологии и оборудования для микроплазменной сварки экономичных тонколистовых кон-

струкций из легированных сталей, различных цветных, тугоплавких и редких металлов и сплавов, выдерживающих высокие температуры, противостоящих действию знакопеременных нагрузок и перепадам температур, обладающих жаростойкостью, сопротивляемостью коррозии и рядом других свойств. Такие конструкции играют важную роль для космонавтики, авиации, атомной энергетики, химической промышленности и других областей.

Приведенными в статье примерами далеко не ограничиваются возможные области применения оборудования для микроплазменной сварки. Прошедшие десятилетия подтвердили актуальность идей и высокую эффективность оригинальных технических решений, которые были заложены В. Е. Патоном и руководимым им коллективом в разработку комплекса прецизионного сварочного оборудования.