

У ИСТОКОВ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Важными условиями научно-технического прогресса являются снижение энерго- и ресурсозатрат, повышение производительности труда, улучшение экологических показателей производства, эксплуатационных качеств и др. С начала XX века все более значительное место занимают электротехнологии. В 1920-х гг. появляются металлоконструкции и машины, при изготовлении которых клепка была заменена сваркой. Продолжали развиваться военная техника, транспорт, энергетика, увеличиваться размеры конструкций, усложняться режимы эксплуатации, что требовало разработки новых технологий сварки.

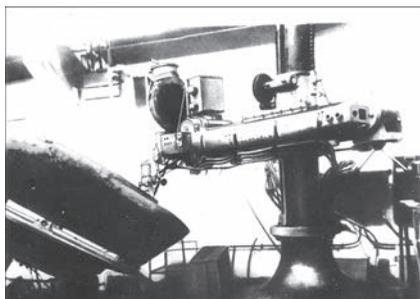
Среди десятка видов сварки, созданных на основе использования электрической энергии, ведущее место заняла дуговая сварка, которая до настоящего времени не имеет конкурентов по универсальности и простоте применения. Значительное место в сварочном производстве заняли высокопроизводительные технологии контактной сварки. Электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная сварка, гибридные способы сварки, созданные во второй половине XX века, оказались незаменимыми в производстве новых видов техники. Кроме упомянутых, список сварочных и родственных технологий содержит еще десятки способов. Каждый из них имеет свои особенности и уникальные преимущества. Но общим для большинства инновационных технологий является расширение технологических возможностей, повышение уровня механизации и автоматизации, интенсификация процессов.



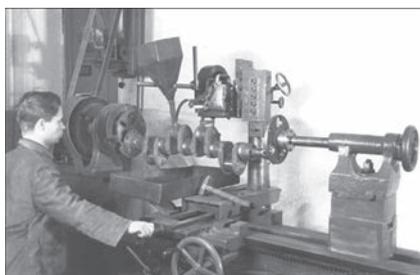
Е. О. Патон с делегатами конференции по автоматической сварке, Киев, 1940 г.

История создания и развития автоматической сварки, возникновения и развития механизации и автоматизации сварочного производства описана в значительном количестве отечественных и зарубежных публикаций. Сварка и родственные технологии продолжают развиваться, поэтому актуальность исследований в этих направлениях сохраняется.

Потребность в прогрессивных технологиях сварки резко возросла в связи с курсом СССР на индустриализацию. В 1929 г. Евгений Оскарович Патон создал в системе Всеукраинской академии наук Электросварочную лабораторию и наметил пути производства сварных конструкций. Е. О. Патон писал: «Основной проблемой электросварки во второй пятилетке является возможно более полная механизация сварочного процесса. Эта мера даст большую экономию сварочной аппаратуры, времени и рабочей силы. Автоматы должны заменить ручную дуговую сварку везде, где это возможно и целе-



Автоматическая сварка башни танка Т-34, Нижний Тагил, 1942 г.



Установка для наплавки коленвалов, 1948 г. (М. Л. Звонков)

сообразно... Развитие у нас автоматов должно быть поставлено на повестку дня. Не приходится рассчитывать на импортные автоматы, необходимо создать советские».

2 января 1934 г. было принято Постановление Совета Народных Комиссаров УССР о создании Института электросварки — первого в мире специализированного центра научных и инженерных работ в области сварки. За короткое время было разработано несколько вариантов сварки: с автоматической подачей штучных электродов, электродной проволокой с обмазкой и с впрыснутым флюсом. В Приказе по Народному комиссариату тяжелой промышленности от 23 мая 1936 г. № 869 «О развитии автоматической сварки» отмечались успехи ИЭС в создании сварочных автоматов.

Работа над совершенствованием дуговой автоматической сварки продолжалась. К началу 1940 г. был создан новый вид сварки — автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом под слоем флюса. Был найден состав флюса и предложена кремнемарганцевая стальная электродная проволока (В. И. Дятлов). Стационарная сварочная головка была создана на основе дифференциального редуктора (П. П. Бушtedт). Новая технология оказалась на порядок более производительной, чем ручная дуговая сварка. Первая в мире монография (Е. О. Патона) «Скоростная автоматическая сварка под слоем флюса» вышла в 1940 г.

С 1941 г. начался период еще более интенсивного развития дуговой автоматической сварки, находились решения, опередившие мировой уровень на несколько лет. С началом войны ИЭС был эвакуирован в Нижний Тагил и разместился на территории Уральского вагоностроительного завода. Туда же был перебазирован Харьковский завод им. Коминтерна, где и был создан танк Т-34. Е. О. Патон поставил задачу автоматизировать сварку бронетанковой техники. Впервые в мире была разработана технология автоматической сварки брони (В. И. Дятлов, А. И. Иванов), исследованы процессы плавления под флюсом (Б. Е. Патон, А. М. Макара).

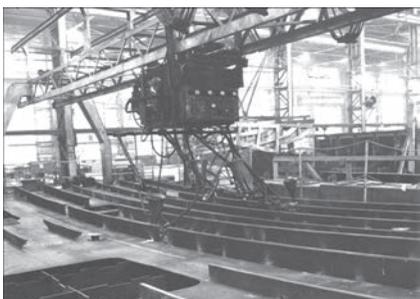
В начале 1942 г. на основе открытия принципа саморегулирования плавления электрода впервые в мире созданы одномоторные сварочные головки с постоянной скоростью подачи плавящегося электрода, исключена система поддержания длины дуги. Производительность автоматической сварки в 8...10 раз превысила производительность других способов сварки.



Е. О. Патон с сыновьями у аппарата ТС-17, 1950 г.

Конструкторская группы ИЭС спроектировала 20 типов установок для сварки узлов танков, САУ, авиабомб, торпед и др. (П. И. Севбо, В. Е. Патон). За годы войны автоматами сваривали 4 млн метров швов, было сэкономлено 5 млн кВт/ч электроэнергии. Всего за годы войны в Советском Союзе было выпущено 102857 танков и САУ. В США только в 1944 г. сумели разработать технологию автоматической сварки броневых сталей; в Германии вся бронетехника сваривалась ручными электродами, причем качество соединения было невысоким.

С 1944 г., после возвращения ИЭС в Киев, основной задачей института стала конверсия высокоэффективной военной технологии автоматической сварки для гражданского применения. Однако большинство изделий были сконструированы без учета условий, требующихся для применения автоматической сварки. Одна из идей Е. О. Патона заключалась в «расчленении» конструкций на узлы и сварке специализированными автоматами на отдельных позициях конвейерных линий. Путем совершенствования форм в ИЭС решались задачи технологичности сварных изделий, снижения их массы, уменьшения количества соединительных деталей. Примером изменения конструкций может служить решение проблемы массового производства вагонеток на Торецком машиностроительном заводе в Дружковке. Длина сварных швов составляла 24...72 м, а выполняли их вручную. Новая конструкция при общей



Механизированная сварка корабельных секций шланговыми полуавтоматами, Николаев, 1950 г.

длине швов 12 м позволила совместить автоматическую сборку и сварку узлов с применением специальных установок. В результате процесс изготовления сократился в 20 раз.

Научные основы проектирования высокоэффективных источников питания и систем управления сварочными процессами были разработаны Б. Е. Патоном. Им впервые в мире была создана теория автоматического регулирования процессов дуговой сварки, предложены схемы простых и надежных сварочных головок.

Коллективу под руководством Е. О. Патона удалось совершить прорыв в создании принципиально нового оборудования — источников питания, аппаратов управления, универсальной мобильной сварочной аппаратуры (тракторов и шланговых полуавтоматов) и специализированной аппаратуры для массового производства однотипных изделий, и опередить мировое развитие такой техники на десятилетия.

Стремясь к унификации сварочного оборудования, коллектив конструкторов ИЭС (П. И. Севбо, В. Е. Патон и др.) во второй половине 1950-х гг. сконструировал сварочную головку АБС с постоянной скоростью подачи электродной проволоки. АБС и аппараты на ее основе выпускали несколько десятилетий. Универсальный сварочный автомат-трактор ТС-17 стал одним из основных средств механизации сварочных работ в народном хозяйстве страны (В. Е. Патон). Его конструкция послужила основой для большой гаммы аппаратов для дуговой сварки и развивается до сих пор. Были созданы тракторы для сварки за один проход на скользящей медной подкладке с формированием обратной стороны шва; универсальный двухдуговой трактор ДТС-23 и трехдуговая самоходная головка (В. Р. Лашкевич, В. Е. Патон, П. И. Севбо, А. И. Четверо и др.).

В 1946–1948 гг. на Мариупольском заводе им. Ильича с участием ИЭС им. Е. О. Патона была построена высокомеханизированная линия для изготовления железнодорожных цистерн; применили автоматическую сварку трактором двух внутренних продольных, внутренних круговых, наружных продольных и наружных круговых швов. Внедрению автоматической сварки в судостроение способствовало создание электромагнитных стенов с флюсовыми подушками. В ИЭС им. Е. О. Патона разработали новую технологию непрерывного производства труб. Были спроектированы трубосварочный стан (Р. И. Лашкевич), схемы управления сварочным процессом (Б. Е. Патон), сварочные головки (В. Е. Патон) и технология высокопроизводительной сварки (Б. И. Медовар). В 1948–1949 гг. был смонтирован на Харцызском трубном заводе первый в СССР стан, на котором сборку и сварку двумя последовательно расположенными дугами выполняли в одном агрегате при стационарно установленной сварочной головке и подвижной трубе. Скорость сварки достигала 200 м/ч.

Впервые в мире была создана новая технология строительства крупногабаритных резервуаров (Г. В. Раевский). Стенку, крышу и днище сваривали автоматами под флюсом в цехах, полотнища сворачивали в транспортабельные рулоны и разворачивали на месте монтажа. Применение новой технологии в 5...10 раз ускорило строительство.

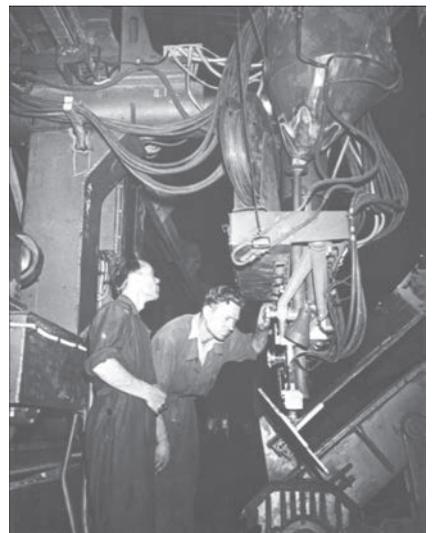
В 1948 г. впервые в мире была решена проблема дуговой автоматической сварки швов, расположенных в различных пространственных положениях. Был найден принцип принудительного формирования и кристаллизации металла ванны с помощью ползунов (Г. З. Волошкевич), которые передвигались по изделию вместе со



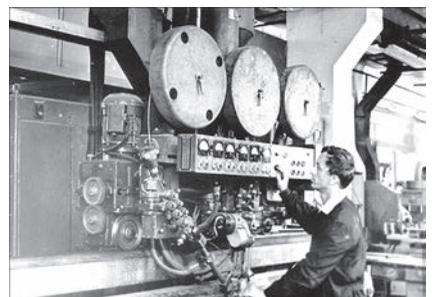
ТС-17 на трассе газопровода Дашава–Киев–Москва, 1950 г.



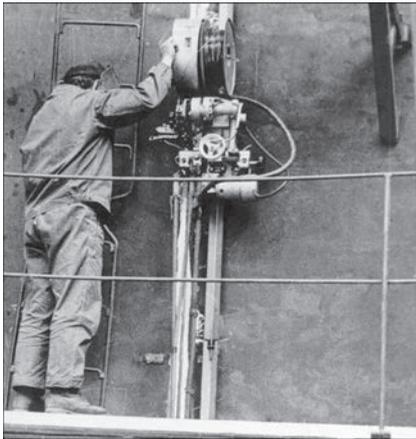
Сварка в углекислом газе, Николаев, 1950 г.



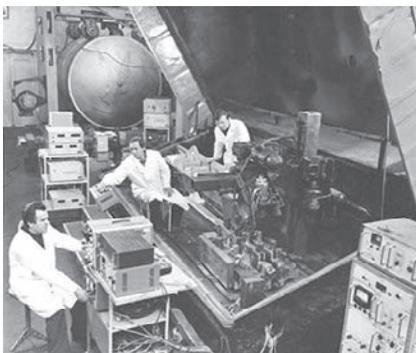
Автоматизация процесса сварки балок, 1951 г.



Установка скоростной трехдуговой сварки, 1952 г.



Автоматическая сварка вертикальных монтажных швов при строительстве моста им. Е. О. Патона, 1953 г.



Камера для электронно-лучевой сварки, Киев, 1954 г.



Демонстрация автоматической наплавки руководителям государства, 1957 г.

сварочной головкой. Новый технологический процесс стал основой для механизации дуговой сварки в различных пространственных положениях при строительстве домен, газгольдеров, корпусов судов, цельносварного моста им. Е. О. Патона через Днепр и других монтажно-строительных работах.

В 1949 г. впервые в мире создан способ электрошлаковой сварки (ЭШС), позволяющий соединять за один проход толстостенные металлоконструкции (Б. Е. Патон, Г. В. Волошкевич). Создано принципиально новое оборудование для сварки проволочными электродами, электродами большого сечения и плавящимся мундштуком (аппараты и источники питания); технологическая оснастка для выполнения швов любой толщины, конфигурации и протяженности. На основе применения ЭШС были разработаны новые принципы конструирования сварно-литых, прокатно-сварных и сварно-кованых крупногабаритных многотонных металлоконструкций. Процесс ЭШС на Всемирной выставке в Брюсселе был удостоен высшей награды — Гран-при.

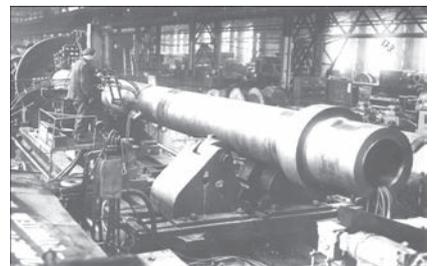
Важной восстановительной технологией стала наплавка. Для восстановления изношенных и повышения стойкости новых деталей наплавкой под специальными флюсами была сконструирована серия специального оборудования: автоматы для наплавки бандажей вагонных колес, вальценаплавочные станки и др.

В 1944–1945 гг. Б. Е. Патон, разрабатывая теории автоматов, выдвинул идею интенсификации саморегулирования процесса плавления электрода и необходимости осуществления сварки при высокой плотности тока (до 200 А/мм^2). Результаты этих исследований решили проблему механизированной сварки плавящимся электродом, под флюсом, в углекислом и в инертных газах. Новый способ полуавтоматической сварки под флюсом получил название «шлангового», так как электродная проволока подается к месту сварки по шлангу. Дуговая сварка в защитных газах обладает широкими возможностями автоматизации процессов выполнения швов различной геометрии во всех пространственных положениях. Для решения проблем разбрызгивания плавящегося электрода, управления плавлением основного металла, расширения диапазона свариваемых материалов и видов соединений в ИЭС им. Е. О. Патона были разработаны приставки к стандартным источникам питания и специальные источники, обеспечивающие управление электрическими параметрами режима по определенной жесткой программе или с автокоррекцией. Дуговая сварка в углекислом газе, созданная впервые

в мире совместно специалистами НИАТ, ИЭС им. Е. О. Патона, ВНИИЭСО, завода «Электрик», стала основой для механизации при строительстве стальных конструкций.

Под руководством Б. Е. Патона были развернуты широкомасштабные исследования контактной сварки, в том числе вторичных цепей машин, особенностей сварочного контакта, оплавления, возможностей повышения тепловой мощности и др. Максимальная механизация сборочно-сварочных работ в транспортном машиностроении, котлостроении, приборостроении и ряде других отраслей была обеспечена применением всех способов контактной сварки. Для точечной контактной сварки разработаны станки и малогабаритные клещи со встроенным трансформатором. На основе созданных впервые в мире принципиально новых трансформаторов — кольцевого и контурного типов — разработана гамма подвесных, стационарных и перемещаемых машин для стыковой сварки оплавлением рельсов и труб.

Был предложен ряд конструктивных решений, в том числе касающихся вторичного контура сварочной машины с пониженным сопротивлением короткого замыкания, различные типы регуляторов тока. Выдающимся вкладом в развитие сварки является изо-



ЭШС вала Варваринской ГЭС, 1959 г.

бретение контурных трансформаторов (В. К. Лебедев, Н. Г. Остапенко). Кроме технологических и электротехнических проблем конструкторам пришлось решать сложную проблему снижения мощности и массы сварочных машин, обеспечения надежности работы сложных электросхем, механических и гидравлических узлов в полевых условиях. Впервые в мире были разработаны в комплексе технологии и основные узлы сварочных машин.

В 1950–1960-х гг. впервые в мире созданы сборочно-сварочные передвижные комплексы для сварки непрерывным оплавлением труб и железнодорожных рельсов в полевых условиях, установки для сварки оплавлением стержней, инструмента, профильного проката (В. К. Лебедев, С. И. Кучук-Яценко, В. А. Сахарнов и др.).

В 1970-гг. впервые в мире для строительства трубопроводов диаметром 1420 мм созданы: передвижной трубосварочный комплекс «Север» с аппаратом, перемещающимся внутри трубопровода; оборудование для сварки высокопрочной стержневой арматуры, используемой в строительных конструкциях, и деталей сложного профиля из высокопрочных алюминиевых сплавов для узлов авиационной и ракетной техники (В. К. Лебедев, С. И. Кучук-Яценко, В. А. Сахарнов и др.). Применение контактной сварки непрерывным оплавлением обеспечило расширение номенклатуры изделий, повышение производительности, снижение расхода электроэнергии до двух раз, потребляемой мощности в 3...4 раза.

В середине 1950-х гг. в ФРГ, США, СССР (в ИЭС им. Е. О. Патона — Б. А. Мовчан, Г. С. Крыштаб, в Московском энергетическом институте — Н. А. Ольшанский) были начаты исследования электронно-лучевых процессов и разработка оборудования для таких видов электронно-лучевых технологий, как сварка, плавление, испарение. В 1960-х гг. продолжался интенсивный поиск средств формирования мощных лучей (О. К. Назаренко, В. Е. Локишин и др.), разработка высоковольтных источников питания, систем управления лучом (В. Д. Шелягин, Ю. Н. Ланкин, Г. И. Лесков, Е. И. Истомин и др.). Были созданы электронно-лучевые пушки с мощностью пучка 0,1...100 кВт и ускоряющим напряжением 10...200 кВ.

В 1967 г. впервые в мире в ИЭС им. Е. О. Патона создана подводная механизированная дуговая сварка и резка порошковой проволокой в неограниченном пространстве, не требующая для проведения подводных работ водолазных камер. Разработан ряд погружных полуавтоматов, установок для орбитальной сварки стыковых соединений, автоматической приварки грузоподъемных проушин и других уникальных изделий на глубинах до 1 км (В. Е. Патон и др.).

В 1964 г. началось проектирование сварочной установки для экспериментов в космосе. Были учтены требования, предъявляемые к бортовой аппаратуре по весовым характеристикам и надежности. Особенностью было функционирование высокотемпературных источников нагрева с потенциально высокой поражающей способностью на летающем объекте. Процессы дуговой и электронно-лучевой сварки на аппарате «Вулкан» были автоматизированы. Первый в мире технологический эксперимент в космических условиях был осуществлен на борту орбитального корабля «Союз-6» 11–16 октября 1969 г. космонавтом В. Н. Кубасовым.

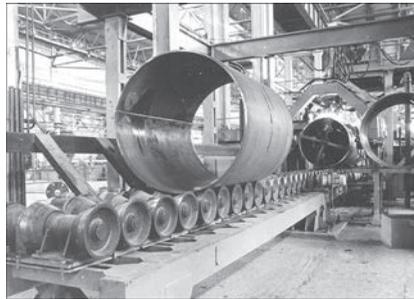
Оригинальные технологии и конструктивные решения, созданные в ИЭС им. Е. О. Патона, послужили основой для создания техники нового поколения во многих странах мира.



Испытания аппарата контактной стыковой сварки рельсов, 1960 г.



Делегация ИЭС на ВДНХ СССР во главе с Б. Е. Патонем, Москва, 1960 г.



Автоматическая сварка на Харцызском трубном заводе, 1961 г.



Установка «Вулкан» для сварки и резки в космосе (В. Н. Кубасов и А. А. Загребельный, г. Киев, 1968 г.)