

*Вклад в научно-технический прогресс*

## РОЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ В ПОСЛЕВОЕННОМ ВОЗРОЖДЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В годы Великой Отечественной войны в СССР было разрушено свыше 19 тыс. промышленных предприятий, шахт, мостов и около 200 тыс. производственных зданий. Восстановление экономики в значительной мере зависело от возможностей сварочного производства.

В мае 1944 г. ИЭС возвратился в Киев. Конверсия высокоэффективной «военной» технологии — автоматической сварки под флюсом — для «гражданского» применения стала основной задачей института. Еще в Нижнем Тагиле был выполнен анализ и обобщен опыт разработки оборудования для автоматической дуговой сварки. Написана и издана первая в мире монография, в которой изложены основы проектирования установок и применения автоматической сварки в промышленном строительстве при изготовлении строительных металлоконструкций.

Е.О. Патон сосредотачивает усилия коллектива на решении проблем восстановления и развития народного хозяйства страны. 4 апреля 1944 г. вышло подготовленное Е.О. Патоном постановление СССР «О внедрении автоматической сварки на восстанавливаемых промышленных предприятиях УССР». До конца 1944 г. автоматическая сварка под флюсом была внедрена на 12 крупных предприятиях Украины. Однако, несмотря на очевидные преимущества, руководители предприятий и некоторых министерств не поддерживали предложений Е.О. Патона перевести производство на более прогрессивные технологии. Причин было много: риск сорвать выполнение плановых заданий, отсутствие специалистов, необходимость изготавливать сварочное оборудование своими силами, изменять конструкции изделий и т.п. Кроме того, в НИИ или КБ многих министерств еще с 1930-х годов были образованы отделы или лаборатории сварки, в которых не всегда успешно решались вопросы освоения новых технологий.

Понимая, что для ускорения развития сварочного производства необходимо директивное вмешательство руководства страны, Е.О. Патон подготовил проект соответствующего его планам постановления. 9 июня 1947 г. ЦК ВКП(б) и Совет Министров СССР принял постановление «О расширении применения в промышленности автоматической электросварки под слоем флюса». Оно обязывало 18 министерств в ближайшие полтора

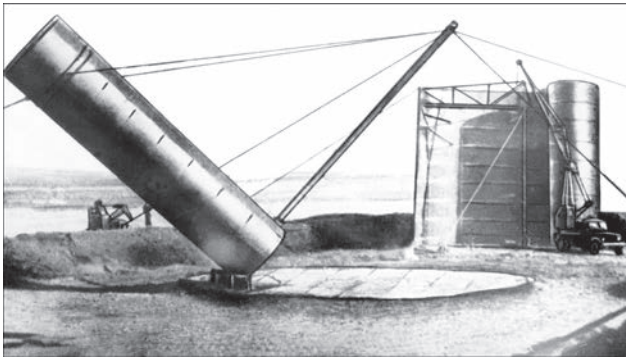
года внедрить 670 сварочных автоматов на 111 заводах стран. Были выделены необходимые фонды, запланировано открытие новых сварочных кафедр в вузах, курсов подготовки рабочих. ИЭС им. Е.О. Патона поручалось научное и организационное сопровождение всех сварочных работ в стране. Для специалистов ИЭС предусматривалось в течение полугода построить квартиры площадью тысячу квадратных метров.

Военный опыт организации научных исследований подтвердил плодотворность концентрации усилий специалистов на приоритетных направлениях, могущих дать большой практический выход. Е.О. Патон продолжал развивать принцип разработки прорывных инновационных решений — от научной идеи и фронтальных научных исследований до внедрения и промышленной эксплуатации. Он умело регулировал интенсивность комплексно-совмещенных исследований на различных этапах, сочетая экономические и административно-директивные методы ускорения внедренческих работ.

Естественно, нужно было расширить объем научных исследований и конструировать не только оборудование, но и собственно сварные изделия. Е.О. Патон распределил работу на 25 поисковых тем.

Важной составной частью целенаправленного фундаментального исследования процессов сварки под флюсом было совершенствование основ проектирования новой сварочной техники. В этом направлении коллективу под руководством Е.О. Патона удалось совершить прорыв в создании принципиально нового оборудования — универсальной мобильной сварочной аппаратуры (тракторов и шланговых полуавтоматов) и специализированной аппаратуры для массового производства однотипных изделий, что позволило опередить мировое развитие такой техники. Научные основы проектирования высокоэффективных источников питания и систем управления сварочными процессами были разработаны под руководством Б.Е. Патона. К 1950 г. им впервые в мире была создана теория автоматического регулирования процессами дуговой сварки, предложены схемы простых и надежных сварочных головок.

Рационализация сварных конструкций была одним из важнейших направлений, которым Е.О. Патон уделил внимание еще до войны. Боль-



Индустриальный способ изготовления крупных резервуаров (монтаж резервуаров из рулонных заготовок)

шинство изделий ряда областей промышленности, в том числе и серийных, были сконструированы без учета условий, которые требуются для применения автоматической сварки. Одна из идей Е.О. Патона заключалась в «расчленении» конструкций на узлы и сварка их использованием специализированных автоматов на отдельных позициях конвейерных линий. Это было принципиально новым подходом к проектированию и изготовлению машин, резервуаров, труб, промышленных сооружений. Путем совершенствования форм конструкций в ИЭС решались задачи технологичности сварных изделий, снижения их массы, уменьшения количества соединяемых элементов.

В результате всесторонних исследований прочности узлов различной конструкции, воспроизведения разрушений на больших образцах-моделях сварных соединений в лабораторных условиях находились рациональные конструктивные решения (В.В. Северницкий и др.).

Впервые в мире в ИЭС им. Е.О. Патона были разработаны технологии совмещенной сборки и сварки, соответствующие станки-автоматы и поточные линии, рациональные сварные конструкции горно-шахтного и энергетического оборудования, металлургических печей, мостов. Торецкий машиностроительный завод выпускал 4 вагонетки за смену (8 часов), при этом приходилось приваривать вручную короткими швами 25 деталей.



Применение технологии механизированной сварки под флюсом при строительстве газопровода «Дашава–Киев»

Под руководством Е.О. Патона была разработана новая конструкция вагонеток и новый процесс их производства. Осталось 8 швов. В основу организации поточной линии был положен принцип соединения операций сборки и сварки узлов с применением вальцесварочных станков (Р.И. Лашкевич, В.Е. Патон, А.И. Коренной). Девять сварочных головок обеспечили выпуск за смену более 60 вагонеток для шахт и горно-обогатительных комбинатов Донбасса, Криворожья и других регионов. Были также усовершенствованы конструкции шахтерских ламп, стальных крепежных стояков, разработаны специальные установки и автоматические линии по их производству. До 1950 г. все 220 основных шахт Донбасса были восстановлены, введены в действие несколько новых шахт. Добыча угля превысила довоенный уровень.

В 1946–1948 гг. на Мариупольском заводе им. Ильича была введена в действие линия производства железнодорожных цистерн. Внутренние и внешние продольные и внешние кольцевые швы выполнялись автоматической сваркой под флюсом тракторами. Технология поточной сборки и сварки локомотивных котлов была внедрена в 1950 г. на заводе им. Г.И. Петровского в Херсоне. В соответствии с постановлением правительства от 1946 г. о переводе судостроения на сварку корпусных конструкций и после неудачной попытки отраслевых НИИ выполнить это задание, ИЭС подключился к созданию технологии сварки специальных сталей.

С 1944 г. началось конструирование сварочных аппаратов нового класса — была разработана серия усовершенствованных аппаратов (УСА-2) и специализированных тракторов (ТС-6...ТС-17) (П.И. Севбо, В.Е. Патон). Универсальный сварочный автомат-трактор ТС-17, разработанный в 1948 г. В.Е. Патоном, стал одним из основных средств механизации сварочных работ в народном хозяйстве страны. Его конструкция послужила основой при создании большой гаммы аппаратов для дуговой сварки и развивается до сих пор. Уже с 1949 г. ТС-17 был использован при строительстве газопровода Дашава–Киев–Брянск–Москва.

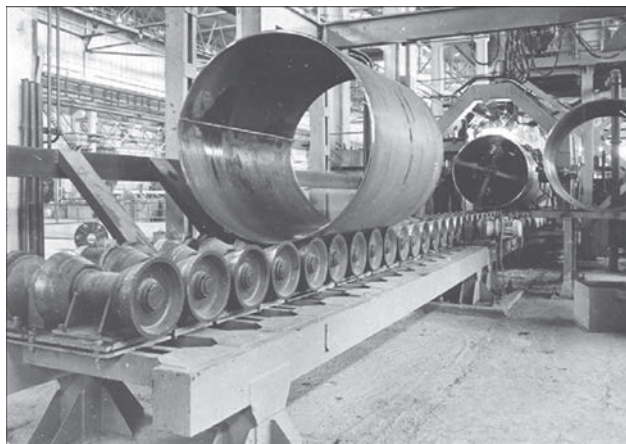
Ряд сварочных аппаратов, сварочных установок, механизмов и устройств, таких как, например: вальцесварочный станок для шахтных вагонеток, аппараты для электрошлаковой сварки, проходной стан для автоматической сварки труб большого диаметра и т.п. не имели аналогов за рубежом.

В 1949 г. был разработан метод принудительного формирования и кристаллизации сварного шва. Впервые в мире была решена задача автоматической дуговой сварки под флюсом швов на вертикальной плоскости с применением подвижного охлаждае-

мого ползуна (Г.З. Волошкевич) и нового вида сварочных аппаратов — магнитошагающих автоматов (В.Е. Патон, П.И. Севбо). Технология сварки вертикальных и горизонтальных швов вскоре была применена при строительстве доменной печи объемом 1050 м<sup>3</sup> на «Запорожстали». Новые технические решения позволили сократить продолжительность строительства доменных печей и повысить их качество. Объем механизированной сварки составил 70 %. До конца 1952 г. были восстановлены и сооружены 23 доменные печи мощностью 8,3 млн т чугуна в год, 51 мартеновская печь годовой мощностью 4,7 млн т стали, прокатные станы мощностью 4,4 млн т проката.

Е.О. Патон также акцентировал внимание на форсирование работы по внедрению полуавтоматической сварки под флюсом, начатой Б.Е. Патоном еще в 1943 г. К 1948 г. было разработано оборудование и технология сварки под флюсом тонкой электродной проволокой (диаметром 1...3 мм), так называемая шланговая полуавтоматическая дуговая сварка (Б.Е. Патон, Д.А. Дудко, П.Г. Гребельник, И.Н. Рублевский др.). Эта технология позволила механизировать производство сложных конструкций с множеством коротких швов, как, например, корпуса кораблей. Для монтажно-строительных работ широкое применение нашел пистолет для приварки шпилек (Н.Г. Остапенко).

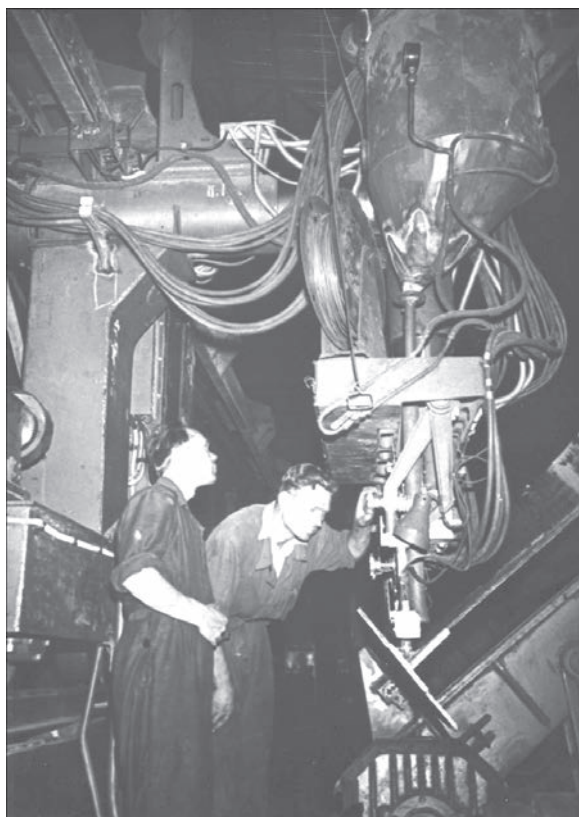
Г.В. Раевскому удалось решить сложнейшую задачу, поставленную Е.О. Патоном, — изготавливать крупногабаритные конструкции, такие как, например, многотонные нефтяные резервуары, в цехах с применением автоматической сварки. В 1944 г. теоретически и экспериментально была доказана возможность изменения формы сварных конструкций, работающих в условиях нагружения в пределах упругих деформаций. К 1948 г. впервые был создан метод промышленного строительства резервуаров из плоских полотнищ. Три основных элемента резервуара (днище, стенка и кровля) собирались и сваривались автоматами под флюсом в полотнища в цеху. Для транспортировки их сворачивали в габаритные рулоны, а потом на монтажной площадке разворачивали. На месте эксплуатации оставалось сварить один замыкающий вертикальный стык стенки и приварить днище и крышу к стенке. Применение новой технологии изготовления резервуаров дало возможность вчетверо уменьшить трудоемкость монтажных работ, в пять-десять раз ускорить сроки строительства. Для индустриального производства резервуаров в 1948 г. были построены цеха на Куйбышевском и Запорожском заводах металлоконструкций. Монтаж 144 рулонов (годовая продукция) в кратчайшие сроки обеспечил стра-



Внедрение технологии автоматической сварки под флюсом на трубосварочных заводах

ну необходимым количеством нефтехранилищ при годовой экономии в размере 7 млн рублей. Эта идея пригодилась для решения еще одной проблемы — изготовления водо-, газо-, продуктопроводов из двух полос-рулонов длиной до 1...2 км в одном отрезке, сваренных между собой по длинным торцам на заводах, затем свернутых и после разворачиваемых и раздуваемых на месте монтажа.

С целью повышения скорости сварки проводились исследования магнитогидродинамических явлений в зоне горения дуг и сварочной ванне, процессов многодуговой сварки с колебаниями электрода, трехэлектродной сварки и др. (Б.Е. Па-



Автоматическая сварка под флюсом при изготовлении строительных конструкций

тон, С.Л. Мандельберг и др.). Были разработаны технологии автоматической сварки под флюсом электродом, наклоненным вдоль оси шва «углом вперед», расщепленными электродами и др. (А.И. Коренной, Б.И. Медовар и др.). В 1946–1947 гг. в ИЭС им. Е.О. Патона созданы технология сварки со скоростью 160...200 м/ч двумя раздельно горящими дугами и сварочная аппаратура для осуществления этого процесса. В 1949 г. в ИЭС им. Е.О. Патона был сконструирован первый отечественный непрерывный трубозлектросварочный стан, сварочная аппаратура и источники питания введенные в эксплуатацию на Харцызском трубном заводе. Впервые сборку и сварку выполняли в одном агрегате при стационарно установленной сварочной головке и подвижной заготовке.

Образцом универсального применения автоматической сварки под флюсом является сооружение цельносварного автодорожного моста им. Е.О. Патона через р. Днепр в Киеве протяженностью более полутора километров, завершившееся в 1953 г. и признанное Американским сварочным обществом выдающейся сварной конструкцией. Евгений Оскарович не дожидаясь трех месяцев до открытия моста, из-за которого он и занялся проблемами сварочного производства — он умер 12 августа 1953 г.

Именно работы, выполненные в ИЭС им. Е.О. Патона в послевоенные годы, сыграли значительную роль в восстановлении разрушенной промышленности страны. В частности, в Украине к 1952 г. была полностью восстановлена топливно-энергетическая и металлургическая промышленность. Внедрение сварки под флюсом освободило для других работ свыше 30 тыс. квалифицированных рабочих. В условиях экономической и информационной блокады периода холодной войны впервые в мире были выполнены оригинальные научные исследования, созданы но-

вые высокопроизводительные технологии и решены организационные задачи развития сварочного производства. По темпам развития, уровню разработок и масштабам, применению дуговой автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом Советский Союз опередил другие страны.

1. *Автоматическая сварка под флюсом строительных металлоконструкций* / Е.О. Патон, П.И. Севбо, Г.В. Раевский, Б.Е. Патон. — М.: Стройиздат, 1944. — 70 с.
2. *Патон Б.Е. Процесс плавления электрода при автоматической сварке под флюсом* / Труды по автоматической сварке под флюсом. — Киев: Изд-во АН УССР, 1944. — 92 с.
3. *Патон Б.Е. Сварка длинным гибким электродом под флюсом* // Автогенное дело. — 1945. — № 1. — С. 1–2.
4. *Патон Б.Е. О нижнем пределе сил тока при автосварке под флюсом* // Там же. — 1946. — № 5-6. — С. 10–11.
5. *Патон Б.Е. Схемы питания сварочных дуг* // Сб. тр. по автоматической сварке под флюсом. — Киев: Изд-во АН УССР, 1948. — С. 230–247.
6. *Патон Б.Е. Исследование процесса нагрева электрода при автоматической сварке под флюсом* / Тр. Ин-та электросварки им. Е.О. Патона. — 1948. — № 3. — С. 17–23; 1949. — № 4. — С. 15–27.
7. *Патон Е.О., Шеверницкий В.В. Сталь для сварных мостов* // Автогенное дело. — 1949. — № 6. — С. 3–7.
8. *Севбо П.И. Автосварочные установки и приспособления: Материалы для проектирования*. — Киев: Машгиз, 1949. — 146 с.
9. *Патон Б.Е. Исследование схем регулирования сварочной дуги* // Сб., посвященный 80-летию со дня рождения и 55-летию науч. деятельности Е.О. Патона. — Киев: Изд-во АН УССР, 1951. — С. 426–450.
10. *Патон Б.Е. Принципы действия сварочных головок* // Там же. — С. 217–240.
11. *Медовар Б.И. Двухдуговая автоматическая сварка на больших скоростях*. /В кн. Юбилейный сборник, посвященный 80-ти летию Е.О. Патона. — Киев: Изд-во АН УССР, 1951. — С. 357–370.
12. *Регулирование процесса сварки под флюсом* // Автоматическая электродуговая сварка / Под ред. Е.О. Патона. — М.; Киев: Машгиз, 1953. — С. 270–288.
13. *Патон Б.Е., Лебедев В.К. Элементы расчетов цепей и аппаратов переменного тока для дуговой сварки*. — Киев: Изд-во АН УССР, 1953. — 165 с.
14. *Патон Б.Е. Современная сварочная техника*. Киев–Москва: Машгиз, 1957. — 100 с.
15. *Чеканов А.А. История автоматической электросварки*. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 159 с.

А.Н. Корниенко

**Международная конференция Немецкого союза сварки и родственных процессов DVS  
«Современные тенденции в сварке  
и соединительных технологиях в 21-ом веке»**

1–3 июня 2016

г. Таллин

Языки конференции: русский, английский, эстонский

Наш первый контакт для Вас, пожалуйста, свяжитесь с нами:

1. Frau Agne Plenaite agne.plenaite@gsi-baltikum.ee LT, ENG
2. Herr Vladimir Beloi vladimir.beloi@tlmk.ee EE, RUS
3. Herr Ilgonis Rungis irungis@3arodskola.lv LV, RUS
4. Frau Irina Pinneker pinneker@slv-rostock.de DE, RUS
5. Herr Sergei Boaga sergei.boaga@gsi-baltikum.ee EE, RUS
6. Herr Dr. Groß hans-g.gross@gsi-baltikum.ee DE, RUS, ENG

