

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА В БЕЛАРУСИ

Основным направлением научно-технической деятельности в Республике Беларусь должен стать инновационный путь развития с целью повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. Недостаток или отсутствие в Беларуси собственных сырьевых ресурсов делает весьма актуальными разработку и использование ресурсосберегающих технологий обработки и изготовления изделий, обеспечивающих сокращение импорта и расширяющих возможности экспорта продукции.

Одним из весьма привлекательных направлений высоких технологий является электронно-лучевая сварка (ЭЛС). При электронно-лучевой сварке кинетическая энергия пучка электронов используется для расплавления ограниченных участков примыкающих друг к другу деталей с тем, чтобы застывающий расплав соединил их. Положительной стороной данного способа сварки является возможность создания высокой удельной мощности в пятне пучка при достаточно высоких мощностях всего пучка. В силу этого при ЭЛС прогрев зон деталей, примыкающих к сварному шву, существенно меньше, чем при других видах сварки.

Электронно-лучевая сварка нашла широкое применение в авиации, ракето-, кораблестроении, автомобильной промышленности, инструментальном производстве и других отраслях во многих странах мира. В первую очередь ЭЛС используется в тех случаях, когда иными способами сварки получить соединения невозможно.

Около 4000 сварочных установок составляет



*И.Л.Поболь
Заведующий лабораторией электрофизики, к.т. н, доцент*

сейчас мировой парк оборудования для ЭЛС, из которых 30 % действует в Европе и около 50 % - в США [1]. Каждый комплект оборудования ЭЛС включает два основных комплекса: собственно электронно-лучевую аппаратуру, состоящую из пушки, источника питания, системы управления и т.д., и систему обеспечения вакуумной защиты свариваемого изделия. В зависимости от конкретных задач конструируются и изготавливаются вакуумные системы универсального назначения, проходного действия, т.н. "такт-машины" и системы вывода электронного луча из вакуума в атмосферу. Универсальное оборудование изготавливается с объемом вакуум-

ной камеры от менее 1 м³ до 1500 м³. В такт-машинах благодаря очень малому объему вакуумной камеры достигается производительность выполнения операций сварки 1000-2000 деталей в час и выше, а в случае сварки ленточных материалов, а также вневакуумной ЭЛС процесс непрерывен. Это в сочетании с большой гибкостью электронного луча как рабочего инструмента и весьма большим диапазоном достигнутой единичной мощности электронно-лучевого источника делает этот метод более конкурентоспособным по сравнению со всеми традиционными методами сварки при изготовлении изделий гражданского применения. В мире изготавливается аппаратура с мощностью луча от нескольких сот ватт до 100-600 кВт. Наиболее доступной по ценовым параметрам является оборудование предприятия СЭЛМИ, Сумы, предлагающее следующую аппаратуру типа ЭЛА (табл.).

Технические характеристики электронно-лучевой аппаратуры с мощностью луча 6, 30, 60 и 120 кВт

Параметры	ЭЛА-6	ЭЛА-30В	ЭЛА-60В	ЭЛА-120
Максимальная мощность электронного луча, кВт	6	30	60	120
Ускоряющее напряжение, кВ	60	60	60	60
Ток электронного пучка, мА	0,1-100	1-500	1-1000	1-1000
Относительная нестабильность ускоряющего напряжения, %	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5
Относительная нестабильность тока электронного пучка, %	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5
Максимальный угол отклонения электронного пучка, °	±7	±7	±7	±7

Параметры	ЭЛА-6	ЭЛА-30В	ЭЛА-60В	ЭЛА-120
Расстояние от торца электронной пушки до свариваемого изделия, мм	50-450	100-500	100-500	100-500
Потребляемая мощность, кВА	10	57	90	220
Масса, кг	1400	2700	3000	6000
Максимальная глубина проплавления, мм:				
углеродистых сталей	10	75	100	200
аустенитных сталей	15	90	120	250
титановых сплавов	20	110	150	300
сплавов на основе алюминия	25	150	200	400

На рис. 1 представлена установка универсального назначения с энергоблоком ЭЛА-6.

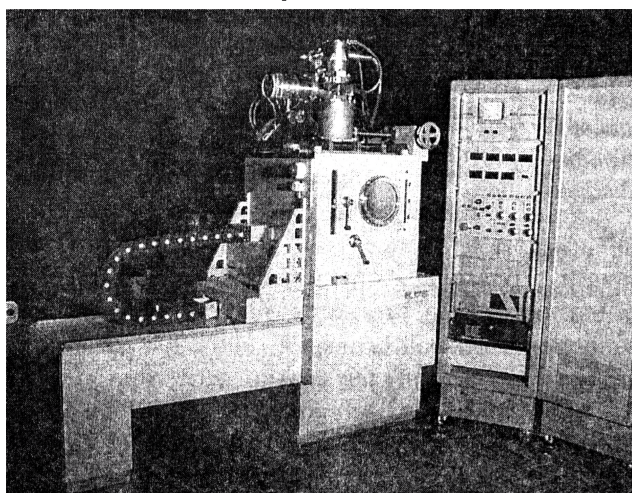


Рис. 1. Установка с энергоблоком мощностью 6 кВт

Электронным лучом можно проводить сварку как однородных, так и разнородных материалов: сталей, меди, алюминия, титана и их сплавов. Кроме того, ЭЛС позволяет получать соединения самых различных сочетаний металлов с керамикой и даже металлов с графитом. При этом отношение глубины шва к его ширине достигает 10/1 - 50/1, чего невозможно добиться другими способами сварки. Такой эффект называется глубоким кинжальным проплавлением (рис. 2).

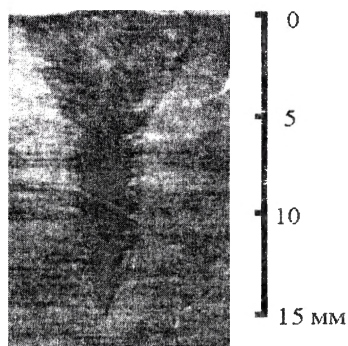


Рис. 2. Поперечное сечение сварного шва, полученного ЭЛС

Толщина свариваемых за один проход деталей может составлять от 0,1 до 400 мм. Как правило, процесс сварки электронным лучом проводится в вакууме и является экологически чистым. Вместе с тем, в последние годы в ряде стран (США, Франции, Германии) разрабатываются и все шире используются системы вневакуумной ЭЛС с проведением сварки при очень высоком и атмосферном давлении, в частности, для соединения стыков труб при прокладке трубопроводов, крупногабаритных узлов автомобилей, например, полых балок из алюминиевых сплавов.

Наиболее распространенными типами сварных соединений, изготавливаемых с использованием ЭЛС, являются стыковые, внахлестку и с опорой, Т-образные со сквозным швом, лобовые, отбортовочные и тангенциальные швы при сварке параллельно расположенных труб и некоторые другие (рис. 3).

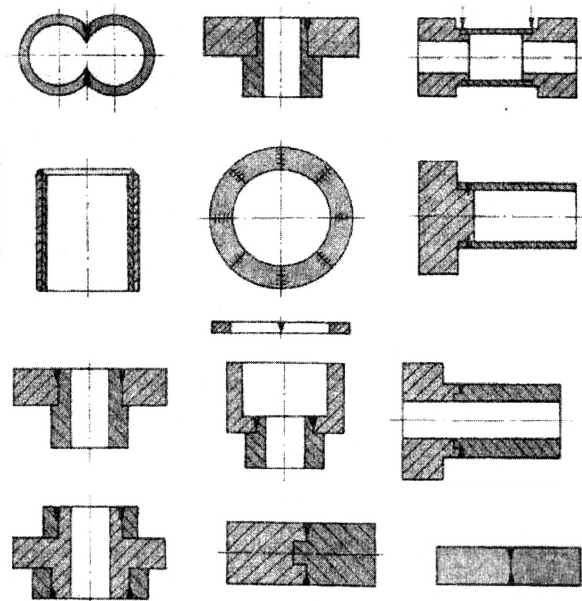


Рис. 3. Типы деталей, изготавливаемых с применением ЭЛС

В настоящее время ощущается все возрастающая потребность промышленных предприятий РБ в применении электронно-лучевой сварки. Например, при изготовлении деталей автомобилестроения сложной конфигурации (шестерен, валов, зубчатых колес и т.д.) использование электронно-лучевой сварки заготовок вместо технологии получения изделий из одной поковки позволит значительно уменьшить расход металла (до 30-50 %), высвободить металлорежущее оборудование и снизить затраты на металлорежущий инструмент. При применении ЭЛС производительность труда может быть повышена в десятки раз, скорость сварки - на 100 % и более по сравнению с традиционными методами сварки. Однако сейчас технологии ЭЛС в промышленных масштабах развиваются только на Минском тракторном заводе (для сварки нескольких видов шестерен) и ИП "Сандвик Бисов" (для сварки биметаллических ленточных пил).

Сварка лент из двух металлов при изготовлении полотен пил может служить примером того, как достигается технико-экономический эффект при использовании технологии ЭЛС и разумной замене материалов. Режущая кромка пилы выполняется из ленты высококачественной износостойкой стали, например, быстрорежущей типа Р6М5, а основное полотно - из более вязкой и более дешевой конструкционной. При последующей нарезке зубьев на ленте корни зубьев доводят до зоны мягкого материала, что снижает опасность их выкрашивания при эксплуатации.

В отличие от указанных предприятий, для которых оборудование изготавливалось под сварку определенных видов изделий, в распоряжении Физико-технического института НАН Б имеется универсальная установка на базе энергоблока ЭЛА-15 с мощностью луча до 15 кВт. Поток электронов может быть сфокусирован до диаметра 1 мм (в этом случае удельная мощность в фокальном пятне достигает 10^7 Вт/см²), расфокусирован до диаметра ~ 50 мм и развернут с использованием электромагнитной системы в зону любой формы. Установка позволяет выполнять сварку широкой номенклатуры деталей из различных металлов и их сплавов. При этом полный технологический цикл между последовательными загрузками составляет 10-15 минут.

Опыт промышленно развитых стран мира показал, что ввиду достаточно высокой стоимости оборудования для ЭЛС целесообразно создание специализированных участков, на которых квалифицированный персонал разрабатывает техно-

логические процессы сварки конкретных изделий и выполняет заказы промышленных предприятий. Такие формы организации получили наименование Job-Shop. В Физико-техническом институте создан производственный участок по электронно-лучевой сварке мощностью 5000 изделий в год. Кроме ЭЛС, проводится поверхностное упрочнение деталей из сталей, чугунов, сплавов алюминия и титана в режимах закалки из твердого и жидкого состояний, поверхностного легирования и наплавки, а также обработки предварительно нанесенных покрытий [1].

Основными направлениями развития ЭЛС в мире являются повышение качества и надежности соединений (что ведет к расширению областей применения) и снижение инвестиционных и эксплуатационных затрат на подготовку производства и реализацию технологий. Проектируются и изготавливаются установки, обеспечивающие максимальную степень автоматизации, в том числе очистку свариваемых деталей, их механическую стыковку перед проведением ЭЛС и контроль качества сварки. Разрабатываются национальные и международные стандарты, унифицирующие требования к установкам для ЭЛС, качеству сварных соединений.

Авторами разработан стандарт Республики Беларусь СТБ 1149-99 (впервые в СНГ), устанавливающий 3 уровня качества сварных соединений, получаемых методом электронно-лучевой сварки (рис.4).

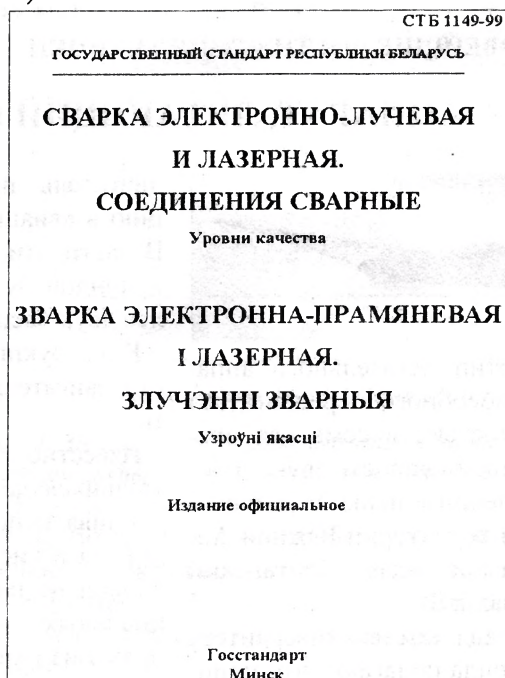


Рис. 4. Стандарт на качество сварных соединений

Необходимый уровень качества соединений выбирается совместно конструктором, изготовителем и потребителем продукции еще на стадии проектирования изделия. При этом принимаются во внимание конструкция соединения, последующая обработка поверхности, характер напряжений, условия эксплуатации, экономические факторы и др.

Методы достижения требуемого качества и надежности сварных соединений связаны с оптимальным выбором основных параметров процесса сварки. В Физико-техническом институте изучено влияние режимов ЭЛС на глубину и качество сварного шва, разработаны технологические процессы электронно-лучевой сварки шестерен для фронтальных погрузчиков и первичных валов коробки передач автомобилей КамАЗ и МАЗ. Кроме проведения исследований, накоплен опыт практического сотрудничества с предприятиями Беларуси: ОАО "Амкодор", ПО "Авторемонт", Минским заводом шестерен, Гомельским станкостроительным заводом и др. На рис. 5 показаны различные детали, изготавливаемые нами с использованием электронно-лучевой сварки по заказам перечисленных предприятий.

Таким образом, ЭЛС может найти применение в промышленности Беларуси благодаря тому, что этому способу сварки присущи широкие возможности варьировать мощность, диаметр пятна электронного пучка и другие параметры процесса, управлять лучом во времени и пространстве и

специфический эффект глубокого проплавления. Использование технологий электронно-лучевой сварки позволит предприятиям Республики Беларусь значительно расширить номенклатуру выпускаемых изделий, повысить качество и, следовательно, конкурентоспособность продукции.

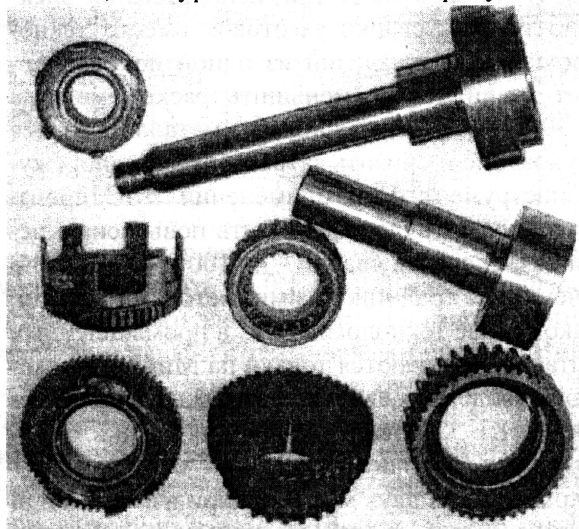


Рис. 5. Некоторые детали, изготавливаемые в ФТИ с применением ЭЛС

Литература

1. Шипко А.А., Поболь И.Л., Урбан И.Г. Упрочнение сталей и сплавов с использованием электронно-лучевого нагрева. Минск: Наука и техника, 1995, 280 с.

НОВЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ ТЕХНИКИ

АППАРАТ, ЛЕТАЮЩИЙ В СЕМЬ РАЗ БЫСТРЕЕ ЗВУКА



Прототип летательного аппарата, способного передвигаться со скоростью, в семь раз превышающей скорость звука, прошел успешные испытания в пустыне на территории Южной Австралии, сообщает британский телеканал ВВС.

Его создатели из университета Куинсленда полагают, что принципиально новый реактивный

двигатель произведет революцию в авиационных перевозках. В частности, перелет из Сиднея в Лондон будет занимать не более двух часов.

Конструкционные особенности двигателя держатся в секрете.

Известно только, что в нем нет трущихся деталей, а в качестве топлива используется смесь водорода и кислорода, причем кислород не накапливается в специальных баках, а забирается прямо из окружающей атмосферы.

Примерная скорость движения, которую обеспечивает такой двигатель, достигает восьми тысяч километров в час. Немаловажным фактором является и отсутствие вредных выбросов. Выхлоп двигателя представляет из себя обычный водяной пар.

СМИ



Рис. О. Попова