



СВАРКА И РЕЗКА-2009 (Эссен, Германия, 14–19.09.2009)

Традиционная международная выставка «Сварка и резка», проводимая в Эссене каждые четыре года, вот уже 21 год, является своеобразным форумом сварщиков мира, на котором демонстрируются новые достижения в области сварки и родственных технологий.

В нынешней выставке приняли участие 1015 фирм из 42 стран мира, в том числе пять компаний из Украины и три из России. Несмотря на мировой экономический кризис количество участников по сравнению с 2005 г. не сократилось. На площади более 110 тыс. м² демонстрировалось 1000 стендов. Наиболее представительной была экспозиция Германии (417 фирм), далее Китая (137), Италии (122), США (49), Франции (38), Великобритании (33), Нидерландов (20), Индии (18), Швейцарии (15), Турции (14), Австрии (10). Остальные 29 стран имели экспозиции, демонстрирующие деятельность фирм, численностью менее десяти фирм от каждой. На выставке были представлены также восемь коллективных стендов: Великобритании (4 фирм), Италии (9), Китая (22), США (2 отдельных стенда, представляющих 34 фирмы), Тайваня (5 фирм), Франции (11), Японии (4), Украины (5).

За шесть дней работы выставки было зарегистрировано более 60 тыс. посетителей из 128 стран мира. Во время ее работы была проведена также конференция на тему «Математическое моделирование напряжений и деформаций в сварных соединениях».

На коллективном стенде Украины были представлены разработки Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (г. Киев), ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования», фирмы «СЭЛМА» (г. Симферополь), ООО «Завод Донмет» (г. Краматорск), ООО «Промприлад» (г. Киев).

Представленный ниже обзор по ряду разделов выставки включает впечатления специалистов-членов делегации ИЭС им. Е. О. Патона, отражающие тенденции развития тех или иных направлений сварочного производства. В его подготовке приняли участие академик НАН Украины С. И. Кучук-Яценко (контактная сварка), чл.-кор. НАН Украины А. Я. Иценко и д-р техн. наук Л. Д. Добрушин (сварка в твердой фазе), д-р техн. наук С. В. Ахонин (сварка титана), кандидаты техн. наук В. А. Лебедев (оборудование для механизированной дуговой сварки), А. А. Рыбаков (технология, оборудование и сварочные материалы для трубосварочного производства), А. П. Жудра (материалы и технологии наплавки), В. Д. Шелягин (лазерная техника, лазерные и гибридные технологии), Ю. В. Демченко (разделительная резка, обрабатывающие станки, послесварочная обработка), П. П. Проценко (сварочные тренажеры), инж. Д. В. Коваленко (новые возможности ТИГ сварки).

Оборудование для механизированной дуговой сварки. По объему экспонатов на выставке оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки выглядело традиционно ведущим. Было широко представлено оборудование не только известных фирм и компаний из развитых стран, но и новых компаний из Китая, Португалии и других стран. Практически все основные дуговые процессы и технологии, реализуемые с использованием сварочных полуавтоматов, известны, однако имеются и некоторые интересные конструкторские решения, которые условно можно отнести к новым, так как они демонстрируют модификации уже известных разработок. Ряд фирм представили отдельные узлы для комплектации полуавтоматов: шланговые держатели, механизмы подачи (готовность встроить любой двигатель в разработанную конфигурацию механизма).

Источники питания для дуговой сварки (сетевые и инверторные). На выставке они были пред-

ставлены многочисленными фирмами: LINCOLN ELECTRIC, KEMPPPI, FRONIUS, GRC Evans, Castolin Eutectic, ESAB, CLOOS, CEA, STARWELDSRL, SINCODA, TELWIN, FIMER S.p.A., FCW International, KHAZAR-TRANSFO, ALPNAPORCE. Китайскую промышленность представляли фирмы: HULONG, HUGONG welder, Aotai, Mitec, WTL, UNIPOW, YDULI, VIGEX, KIND, KAIERDA, JING GONG, JASIC и др.

Абсолютное большинство источников для комплектации полуавтоматов — это инверторные источники с цифровым программным управлением. Основные алгоритмы управления связаны с программным управлением переносом электродного металла, а также реализацией синергетического управления. Это и «холодный процесс» (фирма CLOOS) и SST-процесс (фирма LINCOLN ELECTRIC) и ряд процессов на их основе с видоизмененными параметрами импульсов. Фирма FRONIUS, например, существенно усовершенствовала CMT-процесс, синхронизировав по определенному алгоритму работу импульсного источ-

ника сварочного тока и импульсного механизма подачи, достигнув при этом дополнительные технологические эффекты.

Компьютеризированные источники сварочного тока, как правило, имеют от 24 до 60 программ реализации импульсно-дугового сварочного процесса с учетом режима, типа проволоки, положения шва и др. Кроме того, появились источники, например фирмы TELWIN S.p.A. (Италия) с возможностью on-line программирования с использованием информационного дисплея.

Большинство фирм выпускает инверторные источники на ток до 350 А, но имеются и образцы на токи до 600 и 1000 А.

Следует отметить, что на выставке были представлены достаточно простые конструкции источников сварочного тока, которые позиционировали как надежные и не требующие особого подхода при обслуживании.

Системы подачи электродной проволоки. Основное направление — это традиционные надежные пары подающих и прижимных роликов (одна и две пары) с различными конфигурациями канавок и других средств повышения тягового усилия в механизме подачи толкающего типа. Однако имеются системы подачи тянущего типа с механизмом в рукоятке шлангового держателя, при этом в качестве такого механизма могут быть использованы и редукторные механизмы, и механизмы на основе планетарных роликов.

В качестве электропривода используются комплектные электроприводы с электродвигателями постоянного тока (коллекторные и бесколлекторные). Для импульсной подачи фирмы CLOOS и FRONIUS используются специальные конструкции шаговых электроприводов. Регуляторы электроприводов в основном транзисторные, которые имеют программируемую регулировку с системами обратных связей. Новым в этой области является оснащение поста для полуавтоматической сварки двумя, независимо работающими механизмами подачи с двумя шланговыми-держателями, которые установлены на общем конструктиве с общей системой управления и источником сварочного тока. При этом одна система подачи предназначена для сварки сталей, а другая — цветных металлов. Такие полуавтоматы находят применение в автомобилестроении, где, кроме стальных элементов, в конструкциях используют узлы и детали из алюминиевых сплавов и меди. Эти полуавтоматы эффективны и при сварке длинномерных конструкций.

Конструкции полуавтоматов. На выставке было представлено большое количество полуавтоматов в основном общего назначения для сварки сталей и алюминия в среде инертных газов. Применение многокомпонентных смесей незначительно. Использование в полуавтоматах порош-

ковых электродных проволок предлагается лишь несколькими фирмами, среди которых известная компания Castoline Eutectic. Интерес представляли и полуавтоматы, в которых используется несколько алгоритмов работы, например, импульсное управление переносом электродного металла и модуляция режимов. Демонстрировались моноблочные конструкции и с переносным механизмом подачи, при этом управление сварочным процессом и его регулирование сосредотачиваются в одном месте. Широко используются корпуса полуавтоматов, выполненные из пластмасс, ряд фирм готов по требованию заказчика осуществить разработку и изготовление любых корпусных деталей (специальные корпуса, кассеты, элементы крепежа и др.) для механизированного оборудования.

На выставке не было представлено механизированное оборудование для сварки и резки под водой, полуавтоматы с использованием электродных проволок повышенных диаметров (порошковых и из сплавов алюминия диаметрами порядка 3,0 мм и более), полуавтоматы с управляемой импульсной подачей на основе бесколлекторных электродвигателей и ряд других позиций.

Ведущие фирмы LINCOLN ELECTRIC, ESAB, Air Liquide Welding, Castolin Eutectic, A&N EUROPE, Weber SHELD, FRONIUS и ряд китайских компаний продемонстрировали в действии на узлах и элементах характерных металлоконструкций преимущества стационарных автоматизированных блочно-модульных комплексов и установок для выполнения стыковых и угловых соединений, плоскостных и цилиндрических металлоконструкций с прямо- и криволинейными поверхностями, а также для наплавки. Различные образцы такого оборудования предназначены для реализации технологий сварки проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой в защитных газах и под флюсом, самозащитной порошковой проволокой, неплавящимся электродом с присадкой проволоки. Комплексы изготавливаются из унифицированных функциональных модулей и включают технологический модуль; манипулятор технологического инструмента; модуль управления; модуль адаптации; модуль экологической защиты. В основе этих комплексов лежат прогрессивные решения приводов, исполнительных механизмов, специализированной оснастки и систем обеспечения экологического комфорта. Они могут быть взяты за основу при создании оборудования для осуществления технологий сварки и наплавки предприятиями малого и среднего бизнеса: наплавки железнодорожных и крановых колес, валов, валиков, шнеков, сварки емкостей, баллонов, ковшей, плоских металлических конструкции светотехнических опор, сварки элементов и горловин в емкости и т. п.



Большой интерес у посетителей вызвали универсальные легкие тележки (преимущественно ESAB, FRONIUS и ряд китайских фирм). Они предназначены для перемещения газокислородных резаков, горелок во всех пространственных положениях и могут успешно использоваться на монтаже и в стационарных условиях для резки, сварки, наплавки прямых и криволинейных поверхностей, а также кольцевых изделий. Массогабаритные и технические характеристики их таковы, что они могут перемещаться по направляющим рельсам, гибким полосам и без них. Несомненно, они могут широко использоваться для автоматизации процессов сварки, наплавки и резки даже в производственных условиях малых предприятий и мастерских.

Новые возможности ТИГ сварки. Отличительной особенностью прошедшей выставки является то, что не только ведущие мировые компании такие, как LINCOLN ELECTRIC, ESAB, FRONIUS, EWM, ITB, но и многие другие, в том числе и малоизвестные небольшие фирмы, значительно больше внимания уделяют разработке оборудования, материалов и аксессуаров для ТИГ сварки. На прошлых выставках из дуговых способов сварки очевидный акцент приходился на МИГ/МАГ сварку. Из всего многообразия представленных разработок и оборудования можно выделить следующие.

Technische Universitaet Chemnitz (Германия) представил устройство, повышающее глубину проплавления при ТИГ сварке. Принцип его действия заключается в импульсной подаче защитного газа (аргона) с определенной частотой (5 Гц), при этом расход аргона во время импульса составляет 30, а в момент паузы — 5 л/мин. Продемонстрированы образцы стыковых соединений из нержавеющей стали толщиной 5 мм, сваренные за один проход без разделки кромок. Фирма VBC Group (Англия) представила новый источник питания InterPulse, обеспечивающий контрагированные дуги с уменьшением ЗТВ; уменьшение погонной энергии в 1/3 раза по сравнению с обычной ТИГ сваркой; возможность сварки нового поколения монокристаллических суперсплавов; сварку титановых сплавов без защитных камер и козырьков.

Фирмы Jetline Engineering (США), United ProArc Corp. (Тайвань) предлагают большую гамму, в том числе, простых и недорогих установок для ТИГ сварки продольных и кольцевых швов. Фирма WELMAX (Норвегия), имеющая большой опыт сварки труб в монтажных условиях на нефтедобывающих месторождениях, представила автоматизированные установки для ТИГ сварки с подогреваемой присадочной проволокой поворотных и неповоротных стыков труб, в том числе в узкую разделку.

Фирма Astral Engineering GmbH (Германия) продемонстрировала комплексные линии оборудования

для спирально-шовной сварки труб из горячекатаной стали различного типоразмера диаметром от 170 до 3050 мм, толщиной от 4 до 25,4 мм и длиной от 6 до 20 м.

Фирма Systec Elektronik und Software GmbH (Германия) представила полностью готовые к интеграции системы позиционирования DriveSets как для поступательных, так и вращательных движений. Это укомплектованные универсальные мехатронные системы, которые поставляются полностью смонтированными и включают не только кинематику и устройство управления, но и программное обеспечение и документацию. Основные их преимущества: технические параметры (нагрузка, скорость и класс точности) в широком диапазоне; количество вариантов — более 36000; простой on-line выбор по диаграмме; срок поставки от 3 до 5 недель.

Около 40 фирм представили разнообразное оборудование для орбитальной ТИГ сварки, в частности высокоавтоматизированное и компьютеризированное оборудование с системами слежения и визуализации процесса сварки таких немецких фирм, как Arc Machines GmbH, ORBIMATIC, Orbitec GmbH, POLYSOUDE (Франция), ESAB AB (Швеция), Liburdi Automation Inc. (Канада).

Фирмы Meta Vision Systems Ltd. (Англия), SERVO-ROBOT Inc. (Канада), являющиеся лидерами в области лазерных систем слежения за стыком, представили гамму датчиков и систем для различных способов сварки (ТИГ, а также МИГ/МАГ, под флюсом, лазерной) применительно к производству труб, емкостей, корпусных конструкций и т. п., роботизированных технологий в автомобильной и космической промышленности. Фирма Scansonic (Германия) также экспонировала универсальный оптический датчик для систем слежения за стыком различных сварных соединений. Фирмы CAVITAR (Финляндия) и BFi OPTILAS GmbH (Германия) познакомили посетителей с интересной совместной разработкой — лазерно-оптической высокоскоростной системой Cavidux Welding Monitoring, позволяющей визуально вести наблюдение с очень высоким качеством и в реальном времени всего процесса сварки (как низко-, так и высокотемпературных зон). Фирма BFi OPTILAS также продемонстрировала большую гамму различных цифровых видеокамер, дисплеев и программного обеспечения, которые могут найти широкое применение для научно-исследовательских работ в области различных сварочных процессов, а также промышленного применения.

Фирма Ing. Grimm Schweißtechnik GmbH. (Германия) представила высокоточную сварочную головку DKS 9000 для ТИГ сварки с подачей присадочной проволоки с цифровым программным управлением для автоматизированных установок

и роботизированных комплексов. Диаметр проволоки — 0,8...2,4 мм, скорость подачи (непрерывная и импульсная) — 0...15 м/мин. Фирма STB Schweißtechnik (Германия) продемонстрировала установку TIG с ручной сварочной горелкой для TIG сварки с подачей подогреваемой присадочной проволоки. Основные преимущества данной установки: высокая производительность (скорость наплавки — до 2 кг/ч и скорость ручной сварки — до 80 см/мин); снижение затрат до 150% по сравнению с обычной TIG сваркой. Фирма Rohrman Schweißtechnik GmbH (Германия) представила сменное сопло-насадку Champagne Nozzle II для ручных сварочных TIG горелок. Основные преимущества: большой диаметр сопла — 28 мм; ламинарный поток газа при повышенном его расходе, что позволяет значительно повысить защитную способность сопла, что очень важно при TIG сварке нержавеющей сталей и активных металлов. Кроме того, можно значительно увеличить вылет вольфрамового электрода до 50 мм, что позволит сварщику лучше наблюдать сварочную ванну во время сварки.

Фирма Ges. fuer Wolfram Industrie (Германия) предложила вольфрамовые электроды типа WIT-STAR и ORBISTAR, не содержащие оксид тория, являющегося радиоактивным элементом. Кроме повышенной безопасности, данные электроды отличаются повышенной стойкостью по сравнению с обычными. Несколько фирм представили различные устройства для заточки вольфрамовых электродов: малогабаритные универсальные устройства серии Trix, а также устройство Neutrix, которое поставляется в кейсе (общая масса в комплекте 2,8 кг, мощность 650 Вт).

Фирма Aquasol (США) предложила следующую гамму материалов, повышающих эффективность сварки: Aquasol — водорастворимая бумага и лента; EZ Purge — готовые самоклеющиеся заглушки для продувки газа из водорастворимой бумаги; Solugar — водорастворимые прокладки уникальной конструкции для варки втруб; Fiback — стекловолоконная подкладочная лента для устранения или уменьшения потребности в продувке газа и создания обратной защиты сварочной ванны; EZ Zone — двухслойная алюминиевая лента для герметизации зазоров между свариваемыми кромками; LiquiFilm — водорастворимая полимерная пленка для использования в качестве барьера для продувочного газа; EZ Wipes — многоцелевые очищающие салфетки. Для точного измерения концентрации кислорода после продувки труб защитным газом (аргоном) перед сваркой фирма продемонстрировала переносной автономный оксиметр OX-100 с разрешающей способностью прибора — 0,1% (1000%).

Фирмы NITTY-GRITTY S.R.L. (Италия), Chemetall AG (Германия) и другие представили раз-

личные устройства типа Clinox и Antox для очистки сварных швов после сварки.

Технология, оборудование и сварочные материалы для трубосварочного производства. Технология и оборудование для производства труб большого диаметра были представлены на стендах фирм Uhrhan-Schwill и ESAB. В отличие от выставки 2005 г. фирма Uhrhan-Schwill не имела собственного стенда и размещалась на стенде фирмы LINCOLN ELECTRIC. В отличие от предыдущей выставки на стенде фирмы LINCOLN ELECTRIC был представлен лишь четырехдуговой аппарат для сварки внутренних швов труб, полный аналог образца 2004 г. Аппарат имеет систему опорных и направляющих роликов, регулируемый штангу, лазерную систему поддержания вылета электрода, цифровую систему управления процессом сварки и другие элементы. Указанные аппараты были включены в состав оборудования, поставленного фирмой SMS Meer для комплектации новых цехов по производству труб на Выксунский металлургический, Ижорский трубный и Челябинский трубопрокатный заводы.

Известно, что фирма Uhrhan-Schwill в 2008/2009 г. предложила, например, для Харцызского трубного завода новую конструкцию аппарата для сварки внутренних швов без опорных роликов (не опирающегося на внутреннюю поверхность трубы). В настоящее время аппарат данной конструкции находится в стадии доработки. Изготавливаемый фирмой пятидуговой аппарат для сварки наружных швов труб на выставке не был представлен. По имеющейся информации фирма не имеет каких-либо новых технологических решений по сварке труб и рекомендует применять, как и в разработках ИЭС им. Е. О. Патона, четырех- и пятидуговую сварку под флюсом. Разработанный фирмой LINCOLN ELECTRIC в сотрудничестве с фирмой Uhrhan-Schwill инверторный источник питания Power wave 1500, представленный на прошлой выставке, пока не нашел применения в трубосварочном производстве. Партию таких источников четыре года назад закупил Europipe, однако нет сведений относительно их применения и технологических преимуществ. На данной выставке источник питания Power wave 1500 не был представлен.

В качестве сварочных материалов для трубосварочного производства фирма LINCOLN ELECTRIC предлагает известные агломерированные алюминатно-основные флюсы 995L и 998L и проволоку системы Fe-Mn-Mo (L-70) и Fe-Mn-Mo-Ti-B (LNS 140 TB). Новые разработки в области сварочных материалов для сварки труб отсутствуют.

На стенде фирмы ESAB был представлен четырехдуговой аппарат для сварки внутренних швов труб. В этом аппарате применяется плашеч-



ный плоский мундштук, размещенный поперек направления сварки взамен втулочного.

Дополнительно на стенде фирмы ESAB был установлен трехдуговой аппарат, с помощью которого демонстрировалась сварка толстостенных (примерно 60 мм) обечаек. Применяемый процесс близок к трехдуговой сварке труб.

Для сварки труб фирма ESAB, как и фирма LINCOLN ELECTRIC, предлагает уже известный алюминатно-основной флюс марок ОК 10.71 и ОК 10.74 и проволоки тех же систем легирования. Флюс ОК 10.71 по результатам исследований, проведенных в ИЭС им. Е. О. Патона, не пригоден для многодуговой сварки труб и не применяется на трубосварочных заводах Украины и России. Новые разработки в области сварочных материалов для трубного производства отсутствуют.

Наплавка. За последние четыре года в области дуговой наплавки не произошло существенных изменений с точки зрения развития новых технологий. Традиционно на выставке были представлены такие фирмы, как Sulzer Metco Woka (Германия), Castolin Eutectic (Швейцария), WELDING ALLOYS GROUP (Англия), VAUTID GmbH (Германия), EIPA Eiseh Palmen (Германия), Contex (Германия), DURUM SA (Германия), ERGOTEM SA (Греция), SV Schweiß- und Verschleißtechnik GmbH и Co.KG (Германия), Kalenborn Kalprotect GmbH и Co. KG (Германия), фирма из Китая — Beijing Advanced Materials Co., Ltd. (Пекин) и китайский филиал Asiamet Inc. (США), а также ряд более мелких фирм из разных стран.

Большинство этих фирм представляли образцы наплавленных деталей преимущественно для металлургической, горнодобывающей, горноперерабатывающей, цементной и других областей промышленности. Доминирующее положение в широкой гамме наплавочных технологий по-прежнему принадлежит автоматической электродуговой наплавке порошковыми проволоками открытой дугой и под флюсом, а среди изделий наиболее массовым продуктом по-прежнему является износостойкий биметаллический лист. В отличие от ранее широко распространенной технологии наплавки по слою шихты сегодня такие крупные производители наплавочных работ, как Castolin Eutectic, EIPA, Contex и др., преимущественно производят наплавку листов порошковыми проволоками открытой дугой или под флюсом. До 12 установок работают на фирме VAUTID GmbH, 10 установок круглосуточно наплавляют листы на немецком заводе фирмы Castolin в г. Крифтель.

Значительно возросли объемы производства биметаллических листов, наплавленных плазменно-порошковым способом (РТА процессом) с упрочнением стальной или никель-хром-бор матрицей гранулами сферического и дробленого карбида вольфрама. Фирма DURUM демонстриро-

вала лист толщиной 2 + 2 мм, наплавленный такими материалами. На фирмах Sulzer Metco Woka, Castolin (отделение в Австрии) и ряде других РТА процесс совмещают с лазером для получения композиционных слоев на деталях бурового оборудования, в частности, калибраторах, расширителях, долотах и пр.

Практически все фирмы традиционно представили большую номенклатуру наплавочных материалов, преимущественно порошковых проволок и электродов, в меньшей степени спеченных лент. Как достижение предлагаются порошковые проволоки на базе карбида хрома, легированные ниобием (до 7 %) и ванадием (до 8 %), наплавленный металл которых стойкий в условиях интенсивного абразивного и газоабразивного износа при температурах до 750 °С. Особый интерес представляет порошковая проволока фирмы Castolin, позволяющая получать в наплавленном слое наноструктуру с твердостью до 70 HRC. Заметно возросло количество фирм по производству и соответственно потреблению карбидов вольфрама. Фирмы Sulzer Metco Woka, DURUM, Technogenia, BAM (Китай) Asiamet Inc. (США), а также немецкая фирма Carbide and Metal (С&М) сегодня предлагают несколько видов порошка для наплавки на базе карбидов вольфрама: макрокристаллический WC с 6 % углерода, плавный WC + W₂C, дробленый и сферический (полученный путем оплавления дробленого в струе индукционной плазмы), а также синтезированный, металлокерамический сплав вольфрама с кобальтом от 2 до 6 %. При этом следует отметить, что сферический карбид вольфрама, полученный по технологии ИЭС им. Е. О. Патона, которая основана на термоцентробежном распылении, по единодушному заключению всех заинтересованных фирм обладает наилучшими качествами и находится вне конкуренции.

Оборудование для производства наплавочных работ на выставке было представлено рядом специализированных установок и широкой гаммой роботов различных фирм.

Характерным для специализированных установок, предназначенных для наплавки и сварки крупногабаритных деталей, является массивная модульная база, установленная на мощной колонне или портале, что обеспечивает высокую точность наплавочных и сварочных работ. Примером может служить установка фирмы Key Plant (Германия). Особый интерес представляют установки фирмы WELDING ALLOYS для наплавки цилиндрических деталей массой до 3 т, а также установка для наплавки внутренних поверхностей корпусных деталей и труб длиной до 3 м. Ряд фирм представляли небольшие наплавочные установки на модульной основе.

Лазерная техника, лазерные и гибридные технологии. Лазерную технику, лазерные и гиб-

ридные технологии на выставке представили более 15 фирм: IPG Photonics (USA), IPG Laser GmbH (Германия), ROFIN; TRUMPF, JENOPTIK, LASERMAK TURKEY, HIGHYAG, ALPNALASER (Германия), Scansonic, WINLaserNC, PEIS-LASER-MATERIAL, BEARBEITUNG, GNLASER (Китай), BAM, SLV-Halle (Германия) и др.

Большой интерес вызвала экспозиция фирмы IPG, которая представила новые образцы мощных волоконных лазеров, технические и эксплуатационные характеристики, которых превосходят лазеры других конструкций:

- ресурс работы 50...100 тыс. ч с возможностью продления срока при небольших затратах;

- отсутствие расходуемых материалов и минимальные эксплуатационные затраты;

- минимальное время на пусконаладку, подготовку помещения и ввод в эксплуатацию;

- возможность многократного наращивания мощности путем приобретения дополнительных блоков;

- возможность транспортировки излучения по оптическому кабелю длиной 10...100 м и коммутации излучения на 6...8 таких кабелей с целью организации многофункциональных технологических участков;

- возможность эксплуатации оборудования персоналом с начальным или средним техническим образованием.

Одномодовые иттербиевые волоконные лазеры мощностью до 2 кВт фирмы IPG имеют превосходные характеристики пучка. Лазеры типа YLR-1000SM и YLR-2000 SM имеют расходимость пучка (BPP) 0,4 мм·мрад при работе от активного оптофильтра диаметром 20 мкм и 2 мм·мрад при работе через транспортный фидер диаметром 50 мкм.

На выставке был продемонстрирован волоконный лазер YLS-30000 мощностью 30 кВт, который при мощности 5 кВт имеет показатель качества пучка менее 2 мм·мрад, что в несколько раз меньше, чем у лазеров других конструкций. Этот лазер может быть укомплектован резательными и сварочными головками фирмы HIGHYAG, а также сканатором, который позволяет отклонять лазерный пучок на 160...200 мм в разные стороны, при расстоянии от изделия до сканатора 600 мм.

Фирма ROFIN также продемонстрировала одномодовый иттербиевый волоконный лазер, мощностью 1 кВт с высоким качеством пучка. Фирма TRUMPF представила 4-киловаттный дисковый лазер (с оптоволоком), сопряженный со сверхскоростным трехкоординатным манипулятором, на котором размещен сканатор со следующими техническими характеристиками: фокусное расстояние 450 мм; время полного отклонения 30 мс; диаметр пучка на изделии 600 мкм; размеры обрабатываемого объема: X-206 мм; Y-352 мм; Z-140 мм.

Технология сопряжения двух систем управления лазерным пучком позволяет значительно повысить производительность установки и осуществлять так называемую сварку на ходу. Быстрый «прыжок» лазерного пучка от одного места сварки к другому посредством сканирующей оптики сокращает потери времени на перемещение сварочной головки манипулятором и время расходуется лишь на сварку. Мощность и качественные параметры дисковых лазеров значительно улучшились. Так, при мощности 1 кВт — BPP 2 мм·мрад, при мощности 2...8 кВт — 8 мм·мрад. Мощность единичной установки увеличилась до 10...16 кВт.

Интересные устройства, сканаторы и приспособления были продемонстрированы фирмами Scansonic и ILV DC-SCANNER. Образцы головок для гибридной лазерно-дуговой сварки представили фирмы HIGHYAG, FRONIUS, ESAB, CLOOS, SLV-Halle и др.

Образцы труб диаметром 900 мм, толщиной до 14 мм, сваренных гибридным лазерно-дуговым способом, представили фирмы IPG, BAM, SLV-Halle (видеофильм) и VIETZ.

Фирма IPG представила образцы и проспекты по лазерно-контактной сварке. Аппаратуру для лазерной, плазменной и газовой резки демонстрировали такие, как фирмы ESAB, MESSER, KARABASIS, HUGONG, Koike, HONEYBEE, Eckert, PROARC, TECHNO, WTL, Szhuyailong, AUTOREX и др. Большое впечатление произвели машины для кислородной резки фирмы ESAB, KOIKE, Eckert. Выполненные ими образцы демонстрируют гладкую поверхность и минимальный уклон стенок, а также хорошую поверхность со скосом кромок.

Большой интерес представляют 5- и 6-координатные манипуляторы и роботы, выполняющие резку и сварку сложных пространственных деталей, например, врезку труб под различными углами. Несомненно, лазерные установки для резки вне конкуренции при обработке тонкого металла. Фирма LASAG представила серию установок, осуществляющих лазерную резку и сверление с рекордными показателями: ширина реза металла толщиной 1...0,04 мм, сверление металла толщиной до 0,5 мм под углом 30° при диаметре отверстия 0,1 мм.

Сварка титана. На выставке по сварке титана были представлены традиционные технологии: электронно-лучевая сварка (ЭЛС) и аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертных газов (ТИГ).

Технология ЭЛС титана предлагается в основном для авиа- и энергомашиностроения. Установки для ЭЛС были представлены фирмами: probeam systems GmbH (Германия), TECHMETA (Франция), Cambrige Vacuum Engineering (Англия). Все фирмы оказывают весь комплекс услуг по поставке оборудования и технологий ЭЛС.



Поставки оборудования включают поставки вакуумных камер размерами от 300×300×300 до 7000×7000×14000 мм, электронно-лучевых пушек с ускоряющим напряжением от 60 до 175 кВ и мощностью луча до 80 кВт вместе с источниками питания, автоматизированные системы загрузки-разгрузки, манипуляторы, системы управления, а также вакуумные системы, позволяющие вакуумировать камеру установки менее чем за 30 мин, а также другие вспомогательные системы. Кроме сварки, фирмы предлагают технические и технологические решения по электронно-лучевой обработке поверхности и резке (сверлению отверстий).

Следует отметить, что фирма Cambridge Vacuum Engineering с 2006 г. по лицензионным соглашениям занимается реализацией новых разработок Британского института сварки, предлагая, в частности технологию электронно-лучевой наплавки заготовок, близких к форме конечных изделий (Near Net Shape Technology), ЭЛС в условиях низкого вакуума (Reduced Pressure EBW) и т. д.

Технологии аргонодуговой сварки титана в основном предлагаются для применения в области химического машиностроения (сварка труб и трубных досок теплообменников), причем основное внимание уделяется орбитальной сварке неповоротных стыков. Установки для орбитальной сварки были представлены фирмами: Orbitalum Tools GmbH (Германия), Stelin s. r. l. (Италия), Progettazione Apparecchiature Industriali Srl (Италия), Arc Machines, Inc. (США), POLYSOUDE (Франция). Все поставщики данного оборудования предлагают комплексные поставки, включающие специализированные сварочные головки со 100 % защитой сварных швов инертным газом при сварке труб диаметрами от 10 до 300 мм, источники питания сварочной дуги с компьютерным управлением режимов сварки, оборудование для разделки кромок, вспомогательную оснастку и оборудование. Кроме того, данные фирмы обеспечивают обучение персонала навыкам работы на поставляемом оборудовании.

Для сварки неповоротных и поворотных стыков труб с толщиной стенок до 150 мм из обычных и нержавеющей сталей фирма Arc Machines предлагает технологию и оборудование для ТИГ сварки в узкий зазор, а фирма POLYSOUDE — технологию и оборудование для МИГ сварки в узкий зазор.

Контактная сварка. Оборудование для контактной сварки демонстрировалось на стендах 15 фирм. Среди них наиболее широкий сортамент оборудования представлен фирмами DALEX Schweißmaschinen (Германия), GF Welding S.p.A. (Италия), Semsa (Италия), Wantec (Германия), ANTECH ELECT Ltd. (Китай) и др. Большая часть оборудования представляет собой универсальные

и специализированные машины для точечной и рельефной сварки, а также источники питания к ним.

Общей тенденцией последних лет для всех классов этого оборудования является использование инверторных источников энергоснабжения, обеспечивающих трехфазную загрузку сети, повышение энергетических показателей, расширение возможностей регулирования параметров процесса сварки.

Более 80 % всех машин для сварки сопротивлением мощностью более 100 кВ·А, представленных на выставке, были оборудованы преобразователями, обеспечивающими загрузку трех фаз сети, а также использование постоянного тока в сварочной цепи с постоянным током во вторичной сварочной цепи. Следует отметить, что за последние три-четыре года произошло резкое (почти на порядок) снижение цены таких преобразователей, что, безусловно, способствовало расширению их использования в современном оборудовании для контактной сварки. Особенно следует отметить, что снижение габаритов и массы преобразователей позволило широко использовать их в мобильных клещах для точечной сварки. Было представлено много типов клещей со встроенными в них источниками энергоснабжения (выпрямители, высокочастотные трансформаторы). Второй особенностью такого оборудования является использование модульного принципа компоновки конструкции клещей, собранных из типовых элементов (блоки выпрямителей, трансформаторы, системы управления). Это позволило создать специализированное оборудование, предельно адаптированное к особенностям конструкции свариваемых узлов, а также использовать его в составе роботизированных комплексов.

Кроме оборудования для точечной сварки, на нескольких стендах было представлено достаточно много типов портативных установок для приварки шпилек различного сечения и конфигурации. Установки обеспечивают сварку с использованием конденсаторных накопителей энергии, а также с электродуговым разрядом.

На стенде фирмы Dalex schweißtechnik был представлен полный набор инверторных источников для точечной сварки мощностью от 100 до 1000 кВ·А. Инверторы, кроме равномерной загрузки трех фаз, позволяют значительно снизить импеданс вторичной цепи сварочной машины и увеличить токи при сварке благодаря использованию постоянного тока.

На стенде фирмы Semsa демонстрировалась широкая гамма оборудования для точечной сварки, интегрированного в высокопроизводительные поточные линии, в том числе с роботизированной загрузкой. Представляет интерес оригинальная ус-



тановка для шовной контактной сварки тонкостенных цилиндрических оболочек из оцинкованных сталей (достигнута производительность до 2 м/мин), а также для приварки продольного орбления.

Представлен набор модулей для точечной сварки, установленных на портале, с возможностью их многокоординатного перемещения в пространстве. Набор интегрированных модулей для компоновки специализированных клещей точечной сварки был представлен на стенде фирмы CF Welding. В их числе трансформаторы с промежуточной частотой 1000 Гц, наиболее используемые в инверторах для точечной сварки.

Оборудование для приварки шпилек демонстрировалось фирмами Nelson, HBS, Soyer, Koso (Германия), Silicon (США), в котором для ударной приварки используется разряд конденсатора или электродуговой разряд.

В первом случае привариваются детали малого диаметра 2...10 мм к тонкому листу (0,6...1,0 мм). Преимуществами этой технологии являются минимальная деформация, отсутствие подплавления обратной стороны, возможность приварки к тонкому месту, в том числе разнородных материалов. Для приварки шпилек большого диаметра (до 25 мм) используется технология с электродуговым разрядом, которая позволяет приваривать резьбовые шпильки, анкерные болты и прочий крепеж. Портативный ручной инструмент это делает с высокой производительностью (время сварки до 1 с) с использованием стандартных источников энергоснабжения для электродуговой сварки.

Фирма Silicon разработала установки для приварки болтов и анкеров диаметром до 50 мм с использованием инверторных источников, рассчитанных на токи до 4000 А. В этом случае для формирования сварного шва необходимы специальная подготовка торцов привариваемых стержней, а также специальные керамические кольца, устанавливаемые в месте сварки. Сварка стержней диаметром более 20 мм демонстрировалась впервые на выставке и вызвала интерес у посетителей.

Сварка в твердой фазе. На выставке этот способ сварки, включающий сварку взрывом, сварку трением, сварку трением с перемешиванием и другие смежные технологические процессы, был представлен на стендах фирм DMC (США), Uhde GmbH (Германия), Van Campen Exploform (Нидерланды), Druseid (Германия), ESAB (Швеция).

Американская корпорация Dynamic Materials Corporation (DMC) является мировым лидером в области сварки и резки металлов взрывом. Сегодня в состав этой корпорации входят уже такие европейские компании, как Dynaplat (Германия), Nitro Metall (Швеция) и Nobelclad (Франция). Корпорация DMC охватывает более 60% мирового

рынка по производству сваркой взрывом крупногабаритного биметалла.

Компания Uhde GmbH является мировым лидером по производству электролизеров для производства каустической соды. В электролизерах применяют электрические биметаллические переходники — длинномерные полоски Ti + Ni толщиной 1,0 + 1,0 мм соответственно, которые получают только сваркой взрывом. Годовая потребность в производстве переходников Ti + Ni составляет 240000 шт.

Компания Van Campen Exploform B.V. занимается преимущественно штамповкой взрывом сложных и высокоточных изделий из листового металла. В последнее время она намерена расширить свои интересы в области сварки взрывом и создания вакуумируемых взрывных камер.

Среди смежных направлений, представленных на выставке, следует отметить компанию Druseid, производящую биметалл Cu + Al холодным прокатом, компанию Cytex GmbH, изготавливающую оборудование и инструмент для сварки трением с перемешиванием, и компанию Orbitalum Tools GmbH, выпускающую пистолеты для полуавтоматической варки труб в сваренные взрывом биметаллические трубные доски.

Фирма ESAB продемонстрировала сварку трением с перемешиванием алюминиевых сплавов в различных пространственных положениях посредством робота и пяти комплектов сборочно-сварочных приспособлений. Заготовки из полуфабрикатов толщиной до 5...6 и 10...20 мм сваривали при частичном или полном проплавлении при одно- и двухпроходном соединении. Стыковые прямо- и криволинейные швы выполняли на плоских и цилиндрических деталях. Благодаря использованию робота и точной, жесткой сборочной оснастки были сварены угловые, торцевые и тавровые соединения, а также криволинейные швы по заданной программе. Действующая сварочная головка с рабочим инструментом посредством адаптера соединяется со шпинделем привода и двигателем. Имеется таблица технических параметров при использовании шпинделя со скоростью вращения 3000 об/мин (усилие 13 кН, вращательный момент 44 Нм).

Среди других разработок фирмы ESAB применительно к алюминию представляют интерес орбитальные головки (серия из трех типоразмеров) для соединения неповоротных стыков трубопроводов.

Разделительная резка, мобильные обрабатывающие станки, оборудование для механизации сварочных процессов. *Разделительная резка.* В мировой практике, в случаях когда традиционное газорезущее оборудование не приемлемо, а именно для разделительной резки, монтажа конструкций или разделки дефектов на высоколегированных и углеродистых сталях, чугуне,



алюминиевых и медных сплавах, используют электроды со специальным покрытием, не требующие подачи в зону реза кислорода и сжатого воздуха. Фирмы ESAB, LASTEK, LINCOLN ELECTRIC и другие демонстрировали такие разработки. Практически все электроды обеспечивают достаточную скорость резки этих металлов во всех пространственных положениях, не перегреваются и используются полностью. При резке коррозионностойких и низкоуглеродистых сталей кромки реза не науглероживаются, что не требует их последующей зачистки перед сваркой.

Мобильные обрабатывающие станки. При выполнении комплексных ремонтов, например, уникальных литых и сварных конструкций металлургического оборудования, оборудования горнообогатительных фабрик, магистральных и технологических трубопроводов различного назначения, оборудования для электростанций с использованием сварки и родственных технологий остро стоит вопрос механической обработки как до, так и после сварки. Поэтому мобильное оборудование для механической обработки, в том числе разделки кромок, удаления дефектных мест, снятия наклепанного слоя, высокоточной обработки сопрягаемых мест в условиях конструкции или частичного демонтажа, весьма востребовано. На выставке мобильное оборудование было представлено такими фирмами, как PROTEM, COFIM, AXHAIR, PIPEWORK EQUIPMENT, TechnoPipe, TRUMPF и др. Среди них представляют интерес:

станки, рассчитанные на обработку концов труб, валов в диапазоне диаметров от 27 до 1460 мм. В зависимости от типоразмера они могут снабжаться пневматическим или электрическим приводом;

станки, предназначенные для расточки после восстановления запорной арматуры, фланцев и поверхностей сопряжения. Привод в основном электрический;

расточные станки с возможностью совмещения с оборудованием для наплавки внутренних поверхностей. В таких случаях наплавка и обработка производятся с одной установки. Их отличают эффективные конструкторские и технические решения для использования в ограниченных объемах, разнообразии приводов.

Всеми оборудованию присущи жесткие несущие узлы и узлы сочленения, рассчитанные на тяжелые условия работы, компактные системы приводов для достижения оптимального соотношения мощности, массы и габаритов. Монтаж осуществляется с помощью установочных кронштейнов, сферических подшипников и самоцентрирующихся конусов.

Известные способы послесварочной обработки сварных конструкций, повышающие сопротивление усталости, условно разделяются на пять

групп: механические, термические, деформационные, импульсные, вибрационные и специальные. Наибольшее распространение благодаря доступности оборудования и достаточной эффективности получили деформационные способы с помощью вводимой различным образом механической энергии, стимулирующей деформации в различных зонах сварных соединений. На выставке фирмы PFEIFER и PITEC предлагали соответствующее специализированное оборудование и технологии, демонстрировали результаты, свидетельствующие о повышении сопротивления усталости сварных соединений в результате обработки металла шва и околошовной зоны путем проковки одно- и многобойковым инструментом. Примером практического использования указаны металлоконструкции морских стационарных платформ, мачтовых сооружений, кранов, мостов, подвижного состава, экскаваторов и т. п.

Сварочные тренажеры. На стенде Немецкого сварочного общества была представлена экспозиция технических средств практической подготовки сварщиков — сварочных тренажеров, в частности тренажеры восьми фирм — FRONIUS (Австрия), FWBI (Германия), LINCOLN ELECTRIC, Nave (Венгрия), SIMFOR (Испания), SLV (Германия), 123 Certification (Канада), ИЭС им. Е. О. Патона (Украина).

По способу имитации сварочного процесса представленные тренажеры можно разбить на две большие группы: электронные (виртуальные) и малоамперные (дуговые). Реализована идея компьютерного моделирования техники движений сварщика при их подготовке к выполнению практических заданий. Разработаны компьютерные программы виртуальной сварки, с помощью которых отрабатываются основные двигательные навыки, например, разные скорости сварки, разные расстояния от конца электрода до изделия и разные углы наклона электрода. В программу тренажера входит моделирование упражнений по сварке в разных пространственных положениях, стыковыми и угловыми швами. Благодаря обратной связи и постоянному анализу обучаемый сварщик быстрее начинает приобретать двигательные навыки по технике ведения ручного дугового процесса сварки.

Для моделирования формы сварного шва и качества сварки используются специальные датчики систем слежения, которые отслеживают положение рабочего инструмента (электрододержателя/горелки) и скорость его перемещения.

Электронные тренажеры моделируют сварочную обстановку на экране монитора, встроенного в шлем сварщика, и/или на мониторе, встроенного в стойку тренажера. Имитатор свариваемой конструкции присутствует не у всех и служит для начальной ориентации ученика в виртуальной ре-



альности, поскольку аналогичная конструкция отображается на экране монитора. Эргономические показатели имитаторов ручного инструмента, как правило, значительно отличаются от реальных ручных инструментов. На выставке электронные тренажеры были представлены фирмами: FRONIUS, FWB, LINCOLN ELECTRIC, Nave, SIMFOR, 123 Certification. Электронные тренажеры могут быть дополнительным техническим средством для закрепления теоретического материала на уровне учебных фильмов и мультипликации. Они дают хорошее представление об основных элементах сварочной обстановки и их взаимодействии. Тем не менее, говорить о формировании психомоторных (двигательных) навыков ведения сварочного процесса у студентов на сегодня нельзя, поскольку не учитываются основные эргономические особенности сварки. Среди представленных электронных тренажеров необходимо отметить тренажеры фирм FRONIUS и LINCOLN ELECTRIC, которые отличаются дружелюбным интерфейсом, удобством в работе и хорошей визуализацией элементов сварочной обстановки (шов, разогретый металл, ванна, дуга).

Сварочные тренажеры с технологией имитируемого или виртуального дугового сварочного процесса позволяют моделировать движение сварщика во время сварки с отображением процесса сварки и анализом полученных результатов.

Виртуальный сварочный процесс и его результаты отображаются на специальном экране, вмонтированном в маску сварщика, а также выводятся на отдельный монитор. Все параметры тренажа записываются и могут быть использованы в дальнейшем для детального анализа инструктором.

Основная идея — моделирование условий для приобретения психомоторных навыков при практической подготовке сварщиков на основе компьютерных технологий без использования реального дугового процесса сварки. Применение таких тренажеров призвано решить проблемы организации обучения, повысить качество профессиональной подготовки, уменьшить затраты и сроки обучения.

Следует отметить высокую стоимость электронных виртуальных тренажеров (от 50...80 тыс. евро).

Малоамперные дуговые тренажеры сварщика построены на имитации сварочной обстановки на основе реальной малоамперной дуги. Эргономика такой модели максимально приближена

к реальному процессу, что в свою очередь дает основание говорить о возможности использования таких тренажеров на начальных этапах формирования психомоторных навыков ведения сварочного процесса.

На выставке малоамперные дуговые тренажеры представляли SLV, ИЭС им. Е. О. Патона. По функциональным возможностям они похожи, поэтому есть смысл отметить их отличительные особенности.

Тренажер SLV — оригинальный оптический способ определения пространственного положения имитатора ручного инструмента. Для этого используется видеокамера, а на имитаторе ручного инструмента горят два светодиода красного цвета. По взаимному положению светодиодов относительно жестко установленной видеокамеры определяется пространственное положение имитатора электрода. Такой способ дает довольно хорошие результаты, но требует дополнительных программно-аппаратных затрат, что влечет заметное удорожание тренажера.

Программное обеспечение хорошо организовано и для управления программой используется touch screen (сенсорный экран).

Толщина имитатора свариваемых поверхностей (металлическая пластина толщиной около 2 мм) и недостаточная мощность источника тока приводят к ограничению возможной длины дугового промежутка до 2 мм. Дугу удерживать довольно сложно. В результате для работы с тренажером уже необходимы психомоторные навыки ведения сварочного процесса. Таким образом, тренажер затруднительно использовать на ранних этапах обучения, но он может оправдать себя для поддержания навыка ведения сварочного процесса. Стоимость тренажера в зависимости от комплектации от 20 тыс. евро.

Тренажер ИЭС им. Е. О. Патона (МУАЦ) — в качестве имитатора ручного инструмента использует реальные рабочие инструменты (электрододержатели и горелки) со встроенными в них датчиками пространственного положения. Такой подход позволяет сохранить эргономические характеристики ручного инструмента. Облегченное программное обеспечение обеспечивает работу тренажера под управлением как современных, так и устаревших моделей вычислительной техники без потери функциональных возможностей. Стоимость составляет 1,5 тыс. евро.