


Учредители:	Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Государственное внедренческое предприятие «Экотехнология»
Издатель:	ГВП «Экотехнология»
Издание журнала поддерживают:	Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»
	Журнал издается при содействии Проекта УКР/98/006 «Обмен технологической информацией в Украине для поддержки экономических преобразований» Программы Развития Организации Объединенных Наций
Редакционная коллегия:	В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко Ю. Я. Грецкий, Л. Н. Горбань, В. М. Илюшенко, В. Ф. Квасницкий, Н. М. Кононов, П. А. Косенко, В. Н. Липодаев, А. А. Мазур, В. А. Метлицкий, Я. И. Микитин, Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин, П. П. Проценко, В. Н. Радзиевский, И. А. Рябцев, А. М. Сливинский, Г. М. Шеленков, А. В. Щербак, Я. М. Юзькив
Главный редактор	К. А. Ющенко
Зам. главного редактора	Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушный
Редакционная группа:	
Литературный редактор:	А. Л. Берзина
Ответственный секретарь:	Т. Н. Мишина
Реклама:	В. А. Никитенко, Т. Н. Мишина, Н. В. Кильчевский
Компьютерный набор	А. Е. Рублева
Верстка и компьютерная обработка	Роман Марковец
Адрес редакции:	252150 Киев, ул. Горького, 62
Телефон:	(044) 268-3523, 227-6502
Факс:	(044) 227-6502
E-mail:	welder@svitonline.com
URL:	http://www.enteco.kiev.ua/welder/
Представительство в Беларуси:	Минск, Вячеслав Дмитриевич Сиваков (0172) 13-1814, 13-1809, 46-4245

СОДЕРЖАНИЕ

Выставки

- Сварка-Украина 2000. Обновлению экономики — современные технологии.
Ю. В. Демченко, В. А. Никитенко, Б. В. Юрлов. 2

Производственный опыт

- Дуговое механизированное оборудование для сварки и наплавки с управляемой импульсной подачей электродной проволоки.
В. А. Лебедев, В. Ф. Мошкин, В. Г. Пичак, И. С. Кузьмин, В. Г. Новгородский. 4
- Технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин. Часть I.
Ремонт методом нанесения высокохромистой наплавки. Ф. А. Хромченко 6
- Повышение износостойкости режущего и абразивного инструмента плазменной обработкой в вакууме. А. А. Кайдалов. 9
- Малые предприятия — пути эффективного развития. В. И. Кочкин, З. А. Сидлин. 10
- Производственные сварочно-технологические испытания улучшенных марок флюсов АН-47 и АН-348-А. Н. И. Дуда, В. С. Федоров, В. М. Ланцман, Н. Я. Осипов, В. И. Нетяга, Н. Н. Олейник, А. В. Залевский 12
- Профессиональный инверторный сварочный аппарат для дуговой сварки покрытыми электродами «Импульс 2». С. Д. Рудык, В. Е. Турчанинов 14

Новости техники и технологии

- Наши консультации 17

Практикум сварщика

- Электрошлаковая наплавка. Часть I. И. А. Рябцев, Ю. А. Кусков. 26

Экономика сварочного производства

- Сварочное производство Германии. В. Н. Бернадский 29

Технологии и оборудование

- Опыт эксплуатации лазерных и плазменных установок для резки на заводах США. В. А. Потапов 32

Охрана труда

- Опыт проектирования систем вентиляции сварочных производств.
Т. В. Магдейчук, С. Д. Скороход 34
- Фильтровентиляционный агрегат «Шмель-1500».
Н. И. Ильинский, О. Г. Левченко 37

Конференция

- Технология ремонта машин, механизмов, оборудования (Ремонт-2000).
8-я Международная научно-техническая конференция,
6-8 июня 2000 года (Ялта). В. В. Андреев 38

Вышло из печати

- «Сварочное производство Украины — 2000» 39

За достоверность информации и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.
Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.
Рукописи не рецензируются и не возвращаются.
Предоставленные материалы должны быть напечатаны с указанием авторов, адреса, телефона. Редакция сохраняет за собой право редактировать и сокращать содержание статей. Переписка с читателями только на страницах журнала.
При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

© «Сварщик», «Экотехнология», 2000

Подписано в печать 01.12.2000. Формат 60x84 1/8. Печать офсетная.
Бумага офсетная №1. Гарнитура HeliosCondLight. Усл. печ. л. 5,0.
Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 0-115. Тираж 3000 экз.

Печать ДП «Экспресс-Полиграф», 2000
04080 Киев, ул. Фрунзе, 47Б. Тел. (044) 462-5574, 417-2593

2000

Сварка–Украина 2000. Обновлению экономики — современные технологии

Ю. В. Демченко, В. А. Никитенко, Б. В. Юрлов, кандидаты техн. наук, «Экотехнология» (Киев)

Международные выставки «Сварка–Украина» – всегда неординарное событие, и не только потому, что Киев – признанная столица сварщиков, но и в силу того, что высок научно–технический и производственный потенциал сварочного производства Украины.

Отличительной особенностью прошедшей выставки «Сварка–Украина 2000» (11–14 октября 2000 г., Киев) явилось то, что она была посвящена 130–летию со дня рождения Евгения Оскаровича Патона выдающегося инженера, ученого, создателя многих сварочных технологий и основателя Института электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины.

Успех выставки во многом зависит от участия в ней ведущих научно–исследовательских организаций, определяющих основные направления развития отрасли. Прошедшая выставка не была исключением, более того, впервые в ней принял участие научно–технический комплекс «ИЭС им. Е. О. Патона». На площади более 160 м² разместилась экспозиция НТК – научно–технической корпорации, объединяющей интеллектуальный, производственный и финансовый потенциал ИЭС им. Е. О. Патона (головная организация), опытных заводов (сварочного оборудования, сварочных материалов, специальной электрометаллургии), конструкторско–технологического бюро, экспериментального производства, инженерного, сертификационного и учебно–аттестационного центров, внешнеторговой и внедренческих фирм. Подразделениями НТК управляет единая администрация. Общая инженерная, информационная и маркетинговая структура позволяет оперативно откликаться на запросы рынка сварочных технологий, материалов, оборудования и услуг.

В условиях развивающегося спроса на качественную продукцию и жесткой конкуренции как на внутреннем, так и на внешнем рынках, разработки НТК сертифицированы и практически ни в чем не уступают требованиям европейских стандартов.

НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» предлагает:

- изготовление и поставку современных материалов и оборудования для сварки, наплавки и резки сталей, чугуна и цветных металлов;

- разработку и внедрение энергосберегающих и конкурентоспособных технологий сварки, наплавки, восстановления, нанесения защитных покрытий и специальной электрометаллургии;

- разработку и изготовление специализированного оборудования и средств малой механизации для сварочных и наплавочных работ;

- экспертизу, технические консультации, технологическое сопровождение применения технологий, материалов и оборудования;

- подготовку инженерно–технического персонала по учебным программам в соответствии с требованиями Европейской Сварочной Федерации;

- обучение и аттестацию технического персонала и сварщиков;

- техническую экспертизу, сертификацию и аттестацию сварочных и конструкционных материалов, оборудования и технологий для сварки и родственных процессов;

- информационно–техническое обеспечение.

Научный, технологический и производственный опыт в сочетании с современным финансовым менеджментом и маркетингом позволяет НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» эффективно воздействовать на совершенствование сварочного производства.

Последний год уходящего тысячелетия как никакой другой ознаменовался большим количеством выставок, где демонстрировалась продукция производственно–технического назначения. Практически каждая промышленная выставка имела раздел, посвященный сварке и родственным технологиям. И это не удивительно. Сварочные технологии присутствуют при изготовлении практически любой конструкции и изделия.

Экономические преобразования в Украине и странах СНГ вызвали появление новых предприятий, предлагающих сварочные материалы, оборудование и услуги. По ряду объективных причин эти предприятия делают ставку на участие в региональных промышленных выставках, избегая, пока, крупные специализированные выставки.

Однако только специализированные выставки по сварке и родственным технологиям позволяют оценить общий уровень научно–технического и производственного потенциала сварочной отрасли.

Выставка в С.–Петербурге в апреле этого года, вероятно, стала первой, в которой приняли участие предприятия, ранее не знакомые широкой сварочной общественности. Прошедшая выставка в Киеве подтвердила наметившуюся тенденцию. Не все новые организации способны представить свою продукцию так, как это делают предприятия с давними традициями. Однако участие в специализированных выставках позволяют им не только себя показать, но и перенять определенный опыт, определить место своей продукции и услуг на рынке.

Если на выставке в С.–Петербурге новые предприятия появились, в основном, в разделе сварочного оборудования, то на выставке в Киеве было больше тех, кто изготавливает сварочные материалы. Можно предположить, что такие производители в Украине, как Опытный завод сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона, электромашиностроительный завод «СЭЛМА», Каховский завод электросварочного оборудования настолько «плотно» заполнили рынок сварочного оборудования современной техникой, что новым предприятиям остаются только небольшие его секторы регионального значения.

Выставка продемонстрировала, что предприятия Украины уверенно перестраиваются в условиях рыночной экономики и осваивают лучший мировой опыт. Ведущие производители сварочного оборудования демонстрировали продукцию, которая не уступает зарубежным аналогам не только по техническим характеристикам, но и по дизайну. Это все относится к традиционным источникам питания.

Скромнее на выставке выглядел раздел отечественных источников питания инверторного типа. Вероятно, это связано как с отсутствием устойчивого потребительского спроса – инверторы более дорогие, так и технико–экономическими проблемами их производства. Тем не менее, украинские заводы ОАО «Маяк» (Винница), «Коммунар» (Харьков) и российский



Государственный Рязанский приборный завод прикладывают максимум усилий по продвижению своей инверторной техники на рынке СНГ.

Изготовление любой сварной конструкции начинается с заготовительных операций. В последнее время к качеству заготовок предъявляются высокие требования, гарантирующие точность сборочно-сварочных операций. Нужно отметить, что предприятия ОАО «Завод Кристалл» (Николаев), ОАО «Техмаш» и ОАО «ЗОНТ» (Одесса) предлагают современные машины для термической резки металла, отвечающие требованиям самого высокого уровня.

Участие ведущих европейских фирм-производителей оборудования на выставках СНГ стало в последние годы традиционным. Всегда интересно знать, как развивается техника за рубежом. На прошедшей выставке оборудование фирм «Фрониус» (Австрия), «Мессер», «Аби-кор Бинцель» (Германия), «Линкольн Электрик» (США) было представлено, в основном, их представителями в Украине. С большинством образцов техники отечественные специалисты хорошо знакомы, так как их можно увидеть на любой из проходящих в СНГ специализированных выставках.

Выставка в Киеве показала, что в странах СНГ ручная дуговая сварка покрытыми электродами остается основным способом получения неразъемных соединений при изготовлении большинства сварных конструкций. Следствием этого в разделе сварочные материалы представлено больше производителей покрытых электродов, чем производителей расходных материалов для механизированной сварки. Если продукция участников выставки Опытного

завода сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона, АО «Электрод» (Полтава), АО «Спецэлектрод» и промышленной группы «Ротекс-К» (Москва), ЗАО «Межгосметиз» (Мценск) хорошо знакома потребителям, то сварочные электроды ЗАО «Индустрия» (Луганск), ООО «Сбормаш» (Краматорск), МП «Гефест» (Киев) впервые представлены на выставке такого уровня. За некоторым исключением производители электродов не частые участники выставок. Большинство крупных заводов имеют одинаковые технические и экономические проблемы, не позволяющие производить продукцию, которая бы соответствовала по внешнему виду и упаковке зарубежным аналогам. Проблемы модернизации основного технологического оборудования, совершенствование технологии изготовления электродов и внедрение систем контроля и обеспечения качества, отвечающие требованиям стандартов серии ISO 9000, сегодня приходится решать всем заводам, стремящимся сохранить и расширить свое присутствие на рынке, привлечь большее количество потребителей.

Технические решения фирм-производителей оборудования для изготовления электродов – «ВЕЛМА» и «Вант» (Киев), «Ротекс-К» (Москва) должны помочь отечественным заводам в решении их стратегических задач.

Основные производители сплошных и порошковых проволок для механизированной сварки в Украине и России не проявили активности в участии выставки. Участие в выставках для большинства предприятий – это эффективная реклама и способ продвижения своей продукции. Можно предположить, что произ-

водители сварочных проволок уверенно чувствуют себя на сварочном рынке, хорошо знают возможности и требования потребителей и не нуждаются в дополнительной рекламе. Это не относится к фирмам, специализирующимся на производстве наплавочных порошковых проволок для восстановления деталей и узлов – «Коин ЛТД», СП «Велдтек», НПФ «Элна» (Киев), ОАО «НИИмонтаж» (Краснодар).

Отрадно отметить, что впервые на выставке такого уровня широко были представлены сварочные факультеты и кафедры учебных заведений Украины – Национального технического университета Украины – «КПИ», Приазовского и Восточнoукраинского государственных технических университетов, Украинского государственного морского технического университета, Национальной транспортной академии и Днепрпетровского техникума сварки и электроники им. Е. О. Патона.

Поступательное развитие сварочного производства невозможно без современного и объективного его информационного обеспечения. Этому призван содействовать Информационный центр делового сотрудничества, созданный при поддержке Программы Развития ООН, с первыми результатами работы которого посетители могли познакомиться на стенде «Информационный центр НТК ИЭС им. Е. О. Патона».

В структуре участников выставки заметно уменьшилось количество чисто коммерческих фирм. Сегодня многие предприятия, начавшие свою деятельность с торговых операций сварочной продукцией, создали собственные производства или оказывают потребителям дополнительные инжиниринговые услуги.

Четыре дня на территории двух павильонов велась напряженная и интересная работа. Заключались новые контракты, появлялись партнеры и оценивались конкуренты. В программу выставки были включены презентация Технологического парка «Институт электросварки им. Е. О. Патона» и Круглый стол «Проблемы обеспечения качества в сварочном производстве». Во время проведения круглого стола его участники обсудили важнейшие вопросы обеспечения надежности, экономичности и конкурентоспособности продукции сварочного производства с учетом требований международных норм. Принято решение продолжить обсуждение этой проблемы на международной конференции в Киеве в апреле 2001 года.

Выставка «Сварка-Украина 2000» подвела итоги уходящего XX века и позволила определить новые направления в развитии сварочного производства в будущем столетии. ■ #77

Дуговое механизированное оборудование для сварки и наплавки с управляемой импульсной подачей электродной проволоки

В. А. Лебедев, канд. техн. наук, **В. Ф. Мошкин**, д-р техн. наук, **В. Г. Пичак**, **И. С. Кузьмин**, **В. Г. Новгородский**, инженеры, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Существенно улучшить формирование и качество металла шва, снизить потери электродного металла, расширить зону оптимальных режимов, упростить технику сварки и наплавки позволяют импульсные режимы работы систем механизированного оборудования. К их числу следует отнести импульсные источники питания дуги, системы подачи защитного газа и подачи электродной проволоки. Использование регулируемых импульсных источников питания – универсальный способ влияния на дуговые технологические процессы, но достаточно дорогой. Это объясняется в том числе значительными начальными затратами на оборудование, затратами на ремонт и обслуживание, в частности в условиях небольших объемов производства и удаления от сервисных центров. Применение импульсных систем подачи защитного газа возможно лишь в тех случаях, когда процессы сварки и наплавки базируются на этом способе защиты металлической ванны. Технологические процессы

сварки и наплавки с импульсной подачей электродной проволоки могут быть универсальными, а затраты на обслуживание специализированного оборудования не выше, чем при использовании обычных полуавтоматов.

Способы реализации импульсной подачи электродной проволоки достаточно хорошо известны в Украине и за её пределами. Известны и те положительные эффекты в сварке и наплавке, которые обеспечивает этот способ. До настоящего времени использование импульсных подач электродной проволоки сдерживалось ввиду отсутствия надежных конструкций механизмов, сложностью или даже невозможностью реализации на основе существующих разработок регулирования параметров импульсов, ограничениями по типу применяемой электродной проволоки (сплошные или порошковые).

Учитывая изложенное, авторами выполнен комплекс исследований и конструкторских работ с целью создания универсального

регулируемого механизма импульсной подачи электродной проволоки, лишённого рассмотренных недостатков. Такая конструкция, основу которой составил механизм с квази-волновым преобразователем движения (КВП), была разработана и установлена в блочно-модульный полуавтомат ПШ107В с использованием всех его основных узлов (электродвигатель, регулируемый электропривод, система управления, конструктивы). При данной комплектации обеспечиваются высокие показатели надежности полуавтомата в целом, так как используется надежная конструкция механизма подачи и надежные, прошедшие многократную проверку в промышленности узлы ПШ107В.

В результате получена новая модель полуавтомата ПШ107 И с импульсной подачей электродных проволок из любых материалов (стали, сплавы алюминия) и любых типов (сплошные, порошковые). Надежность импульсной подачи, т. е. подача без относительного проскальзывания электродной проволоки, в частности при больших значениях ускорения в импульсе, обеспечивается применением подающих роликов повышенных диаметров. Такая конструкция механизма подачи в совокупности с регулируемым импульсным механизмом (рис. 1) позволяет получить импульсы движения электродной проволоки с заданными (необходимыми) параметрами по частоте и ускорению, что обеспечивает управление переносом электродного металла. Параметры импульсной подачи рассчитаны с учетом неизбежного затухания амплитуды ускорения импульсов в направляющем канале. На рис. 2, а представлены характерные осциллограммы с синхронной записью скоростей импульсной подачи на входе в направляющий канал и на выходе из него, полученные при испытаниях полуавтоматов с регулируемой импульсной подачей

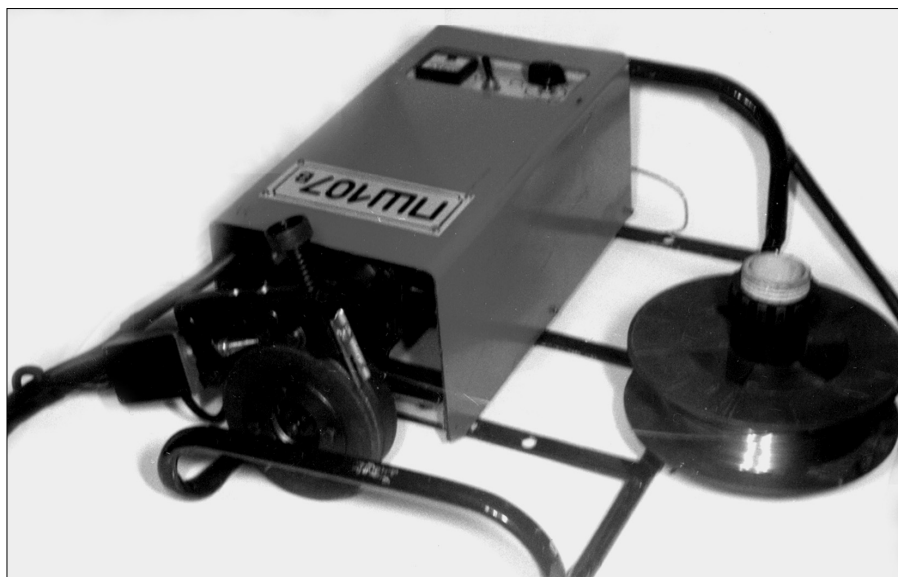


Рис. 1. Механизм для регулируемой импульсной подачи электродной проволоки

электродной проволоки. Результаты испытаний модифицированных полуавтоматов на надежность показали, что их характеристики не хуже серийных, а по некоторым показателям превышают их. Это относится к подаче как жестких сплошных (стальных), так и мягких, а также легкодеформируемых электродных проволок (сплавы алюминия и порошковые). При технологических испытаниях полуавтоматов с импульсной подачей электродной проволоки изменяли параметры импульсной подачи (шаг, частота и ускорение), режимов сварки и наплавки (ток, напряжение, вылет электродной проволоки).

Технологические возможности импульсной подачи покажем на примере сварки в CO_2 электродной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм.

Если параметры импульсов и режимы сварки выбраны таким образом, что каждому импульсу подачи соответствует короткое замыкание дугового промежутка (рис. 2, б), то при такой сварке потери электродного металла на угар и разбрызгивание практически во всем используемом диапазоне токов дуги I_d (60–250 А) в несколько раз ниже тех, которые обычно регистрируются при сварке в CO_2 в режиме средних токов (3–4% против 10–12%).

Возбуждение дуги при импульсной подаче облегчено и происходит не более чем через два первоначальных коротких замыкания дугового промежутка, при этом дополнительно

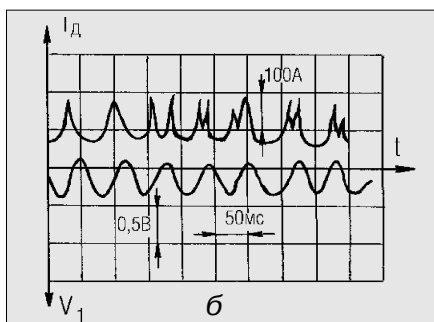
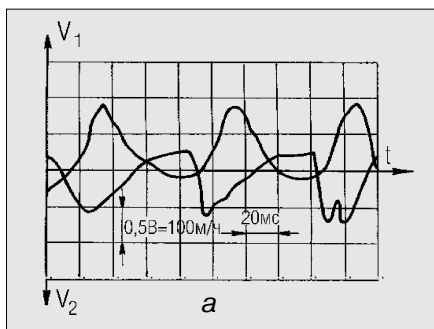


Рис. 2. Осциллограммы синхронной записи скорости импульсной подачи

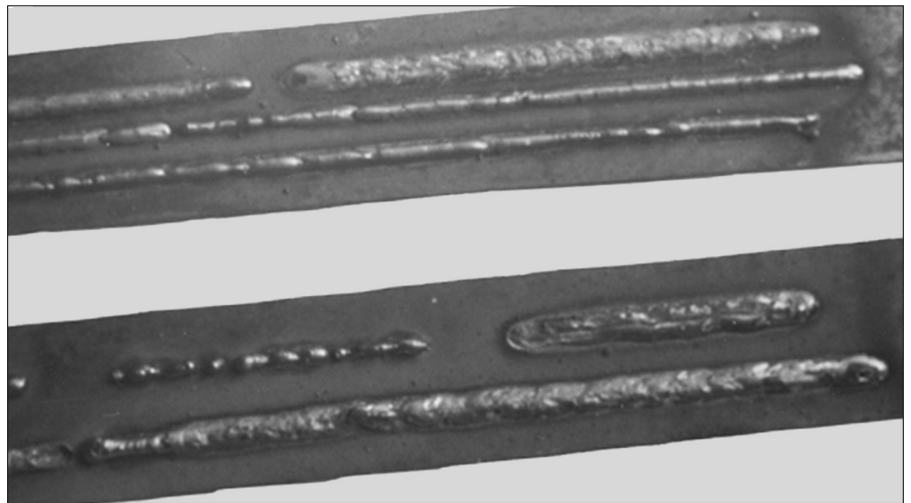


Рис. 3. Наплавленные валики при импульсной подаче электродной проволоки с различными параметрами импульсов и ускорений

установлено, что указанное начало процесса наблюдается практически во всем диапазоне устойчивых режимов и практически не зависит от ускорения движения проволоки в импульсе.

Управление формой валика наплавленного металла и глубиной проплавления основного металла при использовании импульсной подачи может достигать 2–4-х кратного диапазона в случае, если в механизме регулируются ускорение движения электродной проволоки и параметры дугового процесса (ток, напряжение, вылет).

Следует отметить, что диапазон режимов, при которых дуговые процессы устойчивы, при использовании импульсной подачи значительно шире, чем при процессах с плавной подачей.

На рис. 3 показаны валики, наплавленные при импульсной подаче проволоки с различными параметрами импульсов, режимами дугового процесса и постоянной скоростью наплавки.

Эффекты, сопутствующие импульсной подаче электродной проволоки (четкая периодичность циклов переноса электродного металла, усиленное давление дуги в импульсе с оттеснением жидкого слоя ванны в ее хвостовую часть), способствуют получению швов с улучшенным качеством металла. Частично это распространяется и на зону термического влияния. Следует отметить, что качество металла шва зависит от параметров импульсной подачи, в частности и от ускорения:

- по сравнению с плавной подачей существенно повышается уровень содержания легирующих материалов в металле шва и

приближается к уровню в электродной проволоке, в частности содержание Si, Mn повышается на 12–20%;

- аустенитное зерно уменьшается в 1,5–2,5 раза по сравнению с зерном, получаемым при сварке с плавной подачей электродной проволоки, что улучшает пластичность металла шва;

- при сварке сталей аустенитного класса типа 08Х18Н10Т и 12Х18Н10 с импульсной подачей электродной проволоки по сравнению с обычными процессами снижается неравномерность распределения углерода в шве;

- в случае сварки сплавов алюминия с использованием импульсной подачи выявлен эффект значительного снижения электрического сопротивления в сварном соединении.

При сравнении способов сварки с использованием плавных и импульсных подач в положениях, отличных от нижнего, по объективным показателям (форма шва) и субъективным оценкам (облегчение техники сварки) преимущество отдается импульсной подаче с умеренными значениями ускорений при сварке на вертикальной плоскости и достаточно большими (60–80 м/с²) ускорениями при сварке в потолочном положении.

В производственных условиях для сварки с импульсной подачей электродной проволоки могут быть использованы полуавтоматы типа ПШ107И с необходимой для конкретного технологического процесса настройкой механизма, а также полуавтоматы, имеющиеся у потребителей, с установкой в них системы импульсной подачи электродной проволоки. ■ #78

Технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин

Часть I. Ремонт методом нанесения высокохромистой наплавки

Ф. А. Хромченко, д-р. техн. наук, Всероссийский теплотехнический ин-т (Москва)

Типичным эксплуатационным повреждением рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин является эрозионное изнашивание (в сочетании с усталостью металла) кромки лопатки с отрывом защитных стеллитовых пластинок. До сих пор ремонт таких лопаток из высокохромистой стали выполняли путем нанесения высокохромистой аустенитной наплавки без послесварочной термической обработки с обязательной приваркой стеллитовых пластинок. Однако наличие аустенитной наплавки неизбежно приводит к получению сварного соединения с резкой химической, структурной и механической неоднородностью металла по зонам, что может являться одной из причин повреждения отремонтированных рабочих лопаток.

В качестве альтернативного варианта ВТИ совместно с ЦРМЗ АО «Мосэнерго» разработали технологию ремонта, основанную на нанесении наплавки высокохромистого присадочного материала с проведением послесварочной термической обработки по режиму высокого отпуска и приварки защитных стеллитовых пластинок. При разработке технологии и выборе оптимального варианта ремонта исследовали влияние тепловых условий сварки и режимов высокого отпуска на структуру и свойства металла зон соединений, а также влияние техники сварки на качество выполнения многослойной наплавки. Эксперименты проводили на фрагментах и целых рабочих лопатках из стали 15X11МФ, в качестве присадочного материала при ручной аргонодуговой сварке использовали проволоку Св-06Х14 диаметром

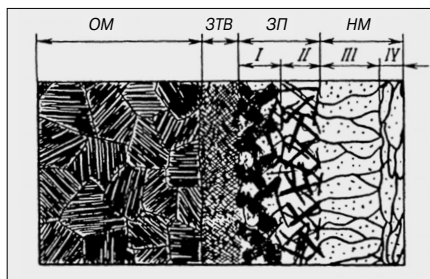


Рис. 1. Схематическое изображение микроструктуры (x100) зон многослойной наплавки 06Х14 на сталь 15Х11МФ рабочей лопатки: *OM* – мартенсит и 10% феррита; *ЗТВ* – сорбит со следами игольчатого мартенсита и карбидами; *ЗП* – мартенсит самоотпуска и 10–30% феррита с карбидами (*I*), иглы мартенсита и 40–60% феррита (*II*); *НМ* – мартенсит, феррит с карбидами, крупные кристаллиты (*III*, *IV*)

2,2 мм. Дополнительно исследовали вариант технологии с нанесением наплавки комбинированного состава: первые два слоя – аустенитной проволокой Св-06Х15Н60М15 диаметром 1,6 мм, последующие – высокохромистой проволокой Св-06Х14 диаметром 2,2 мм (табл. 1).

Ток при ручной аргонодуговой сварке изменяли от 60 до 115 А, погонную энергию – от 1,47 до 5,25 Дж/см, температуру подогрева – от 20 до 300 °С. Температурные режимы высокого отпуска с выдержкой в течение 0,5 ч составляли 600–700 °С. Часть образцов с наплавками не подвергали послесварочной термической обработке. Многослойную наплавку (три–девять слоев) выполняли в нижнем положении на кромку вертикально расположенного фрагмента лопатки. Для улучшения качества

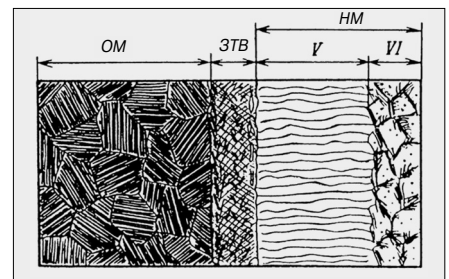


Рис. 2. Схематическое изображение микроструктуры зон многослойной наплавки 06Х15Н60М15+06Х14 на сталь 15Х11МФ рабочей лопатки: *V* – аустенит; *VI* – аустенит; мартенсит и феррит

наплавляемых слоев применяли медные формирующие подкладки.

Микроструктуру исследовали в соответствии с ОСТ 34–70–690–84 на микрообразцах поперечного сечения. Микротвердость измеряли на шлифах с помощью прибора ПМТ–3. Статическую трещиностойкость оценивали по результатам испытаний на изгиб согласно методике ВТИ прямоугольных образцов с наплавкой, на которых предварительно выполняли тонкий надрез шириной 0,15–0,20 мм. Сопротивление усталости определяли по результатам испытаний на стенде ВТИ модельных образцов с наплавкой присадочной проволокой Св-06Х14 и без нее.

Микроструктура соединений стали 15Х11МФ с наплавкой 06Х14 в исходном состоянии характеризуется переходом от мартенситно–ферритной в основном металле (*OM*) к структуре сорбита со следами мартенсита и карбидами в зоне термического влияния (*ЗТВ*) до мартенситно–ферритной с карбидами в наплавленном металле (*НМ*), включая зону перемешивания (*ЗП*). Размер зерен различный (рис. 1). С повышением тепловложения при сварке наблюдается рост размера зерен в *ЗТВ* с номера 10 до 8–9 по шкале ГОСТ 5639–82, распад мартенситной составляющей в зоне перемешивания, увеличение толщины наплавляемых слоев и укрупнение в них кристаллитов.

Таблица 1. Содержание химических элементов, % масс.

Материал	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P	Cr ₃	Ni ₃
Основной металл лопаток – сталь 15Х11МФ	0,15	0,35	0,6	10,0	–	0,7	0,35	0,003	0,008	12,5	5
Присадочная проволока Св-06Х14 диам. 2,2 мм	0,08	0,45	0,6	13,0	–	–	–	0,016	0,010	14,7	1
То же, Св-06Х15Н60М15 диам. 1,6 мм	0,04	0,2	1,2	14,0	Основа	14,0	–	0,003	0,004	30,5	63–66

Послесварочная термическая обработка по режиму высокого отпуска изменяет структуру основного металла от мартенситно-ферритной до троосто-сорбитной с карбидами и одновременно приводит к образованию в остальных зонах соединения структур сорбита или сорбитообразного перлита и феррита с карбидами. Установлено, что наиболее оптимальной является микроструктура соединений, выполненных без подогрева с умеренной погонной энергией при сварке и подвергнутых высокому отпуску при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч.

Микроструктура соединений стали 15X11МФ с наплавкой комбинированного состава 06X15Н60М15+06X14 в исходном состоянии характеризуется резкой неоднородностью по зонам (рис. 2): от мартенситно-ферритной в основном металле и мартенситно-сорбитной в ЗТВ до аустенитной и аустенитно-мартенситно-ферритной в наплавленном металле. Повышение тепловложения при сварке вызывает некоторый рост размера зерен на один-два номера с изменением структуры до мартенситно-ферритной в ЗТВ, увеличение размеров кристаллитов и расширение аустенитного промежуточного участка в наплавленном металле. Высокий отпуск способствует распаду мартенситной составляющей в наплавленном металле. В этом случае оптимальной является микроструктура соединений, выполненных с нанесением наплавки без подогрева с минимальной погонной энергией и подвергнутых высокому отпуску при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч.

Соединения стали 15X11МФ с наплавкой 06X14 и наплавкой комбинированного состава 06X15Н60М15+06X14 в исходном состоянии имеют зоны соединения с резкой неоднород-

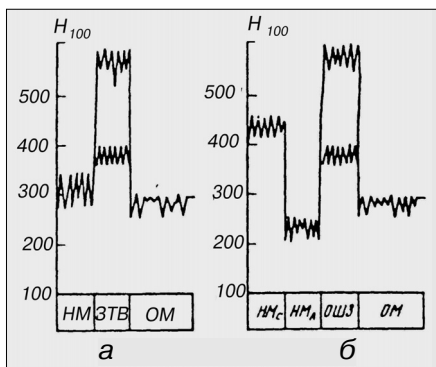


Рис. 3. Микротвердость зон соединений стали 15X11МФ в исходном состоянии без послесварочной термической обработки: а – наплавка 06X14; б – наплавка комбинированного состава 06X15Н60М15+06X14; НМ – наплавка 06X14; НМ_А – наплавленный металл – аустенит; НМ_С – наплавленный металл – смесь аустенита и мартенсита

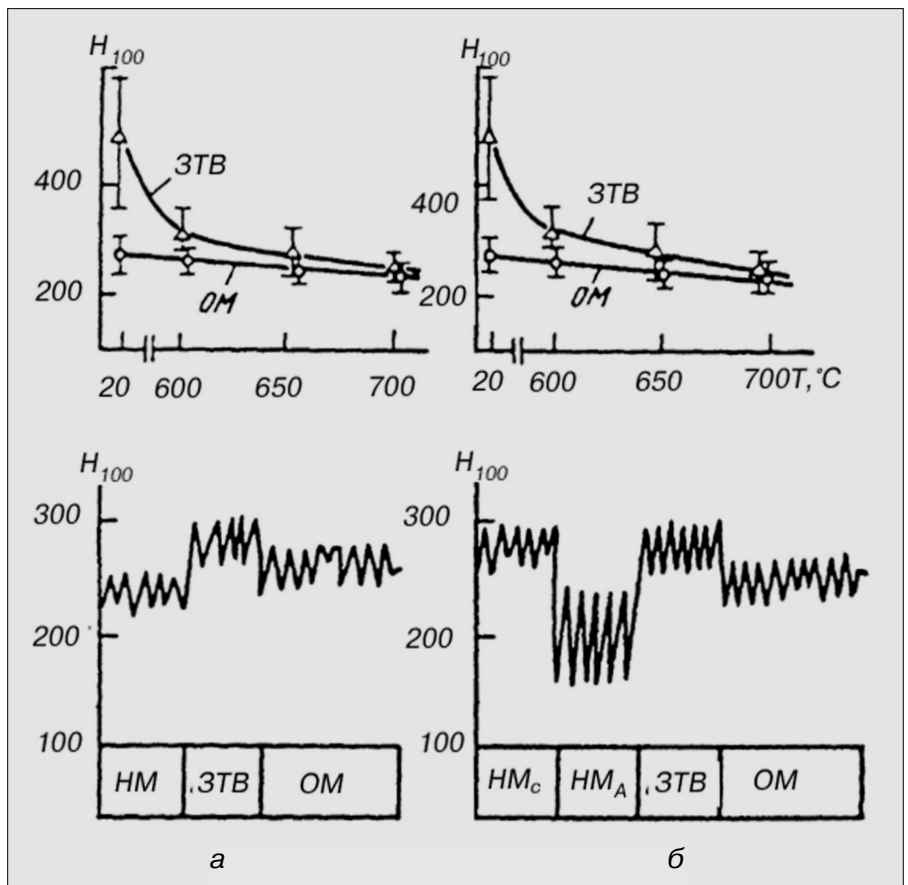


Рис. 4. Зависимость микротвердости зон соединений стали 15X11МФ от температуры высоко-го отпуска: а – наплавка 06X14; б – наплавка 06X15Н60М15+06X14 (обозначения см. рис. 3)

ностью прочностных свойств, при этом максимальная микротвердость наблюдается в ЗТВ и с увеличением тепловложения при сварке повышается от 350–400 до 510–590 Н₁₀₀; по остальным зонам микротвердость составляет от 200 до 500 Н₁₀₀ в зависимости от типа наплавки (рис. 3). Повышение микротвердости в ЗТВ в этом случае может быть связано с выделением дисперсной вторичной фазы при одновременном росте зерна, а в наплавленном металле комбинированного состава – увеличением мартенситной составляющей и выделением дисперсной карбидной фазы, при этом аустенитная прослойка играет роль разупрочненного участка соединения.

Высокий отпуск способствует относительному выравниванию прочностных свойств металла (рис. 4), при этом заметное снижение микротвердости отмечается в ЗТВ примерно до уровня твердости основного металла для соединений с наплавкой любого типа. Снижение микротвердости в охрупченных участках соединений обусловлено распадом мартенситной составляющей, что отмечалось выше. В соединениях с наплавкой комбинированного состава

разупрочненным участком является аустенитная прослойка. Оптимальные прочностные свойства по показателю локальной микротвердости достигаются в соединениях с наплавками, выполненными с минимальным тепловложением при сварке и подвергнутых, как и в предыдущих случаях, высокому отпуску при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч.

С учетом полученных результатов исследований микроструктуры и микротвердости образцы размером 150×15×3,5 мм для испытаний на статическую трещиностойкость изготовляли из соединений с наплавками, выполненными с минимальным тепловложением при сварке. Толщина наплавки 6–9 мм. Испытывали образцы при 18–20 °С в состоянии после отпуска (700 °С, выдержка в течение 0,5 ч) и без термической обработки. Полученные результаты испытаний приведены в табл. 2.

Статическая трещиностойкость у соединений с наплавкой 06X14, подвергнутых высокому отпуску, значительно выше, чем у соединений с наплавкой комбинированного состава 06X15Н60М15+06X14 в состоянии без термической обработки или после высокого отпуска.

Технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин Часть I. Ремонт методом нанесения высокохромистой наплавки

Высокий отпуск в несколько раз повышает общую сопротивляемость разрушению соединений с наплавкой 06X14 в условиях статической изгиба; в состоянии без термической обработки соединения с такой наплавкой имеют пониженную трещиностойкость.

Зоны соединения (наплавленный металл, зона перемешивания и ЗТВ) при любом варианте технологии отличаются более высокой статической трещиностойкостью по сравнению с основным металлом.

Анализ результатов комплексных исследований микроструктуры и кратковременных свойств позволил выбрать и обосновать в качестве основного вариант соединения с высокохромистой наплавкой 06X14, выполняемого с минимальным тепловложением при ручной аргонодуговой сварке и подвергаемого высокому отпуску при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч. Результаты испытаний моделей рабочих лопаток на стенде ВТИ подтвердили правомерность такого выбора – показатель сопротивления усталости соединения с наплавкой 06X14 не уступает показателю основного металла – стали 15X11МФ. Отремонтированные по такому варианту рабочие лопатки успешно прошли вибрационный контроль.

Ремонт входной кромки рабочих лопаток из стали 15X11МФ методом нанесения многослойной наплавки 06X14 (рис. 5) состоит из следующих основных операций.

Поврежденные рабочие лопатки снимают с ротора и их входную кромку подготавливают к

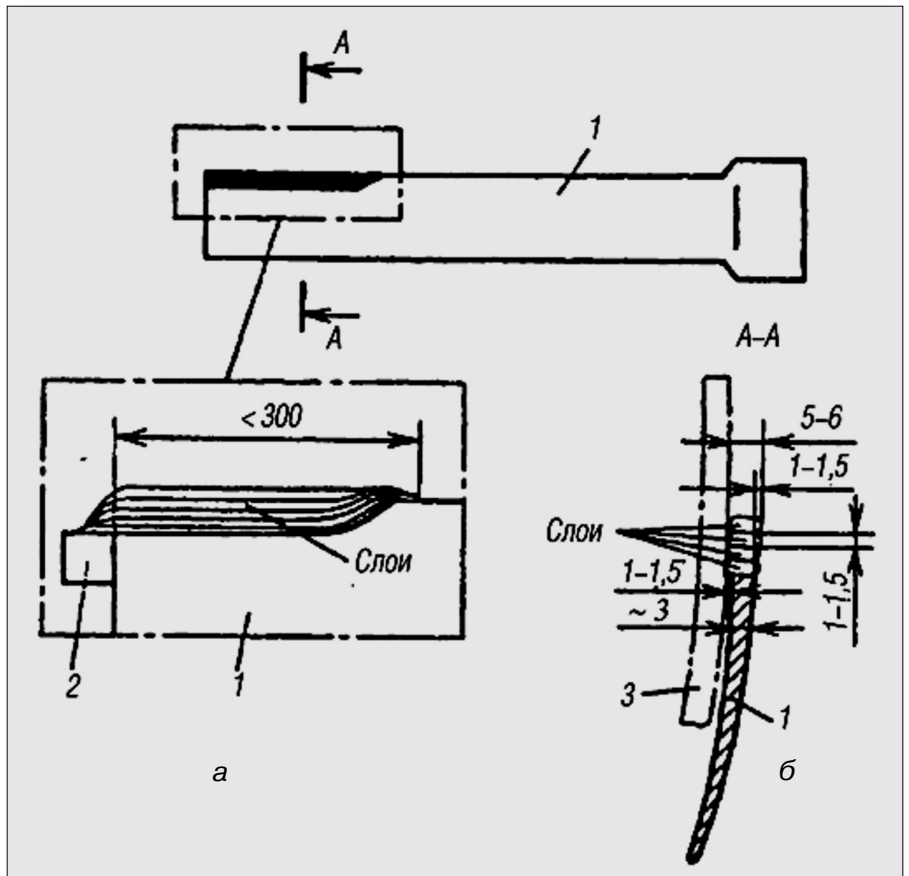


Рис. 5. Схема нанесения многослойной наплавки на входную кромку рабочей лопатки: а – расположение продольных слоев; б – расположение слоев в поперечном сечении (1 – рабочая лопатка; 2 – технологическая планка; 3 – медная формирующая подкладка)

сварке: удаляют оставшиеся защитные стеллитовые пластинки, фрезеруют входную кромку до получения ровной поверхности с углублением до 10 мм и длиной до 300 мм, подвергают механической обработке прилегающие поверхности лопатки и обезжиривают их этиловым спиртом.

Подготовленную лопатку помещают в специальный поворотный кондуктор на ребро, устанавливают медную профилирующую подкладку, прихватывают технологические план-

ки для вывода концов наплавляемых слоев.

Выполняют многослойную наплавку (каждый слой за один проход) ручной аргонодуговой сваркой проволокой Св-06X14 диаметром 1,6–2,2 мм на минимальной погонной энергии с принудительным охлаждением лопатки до 20–50 °С сухим обезжиренным воздухом.

Проводят послесварочную термическую обработку по режиму высокого отпуска при 700°С с выдержкой в течение 0,5 ч в камерной печи с общим нагревом.

Поверхность лопатки и многослойной наплавки шлифуют и выполняют контроль качества методом цветной дефектоскопии (также измеряют твердость на образцах-свидетелях, которые подвергают высокому отпуску вместе с отремонтированными лопатками). Приваривают стеллитовые защитные пластинки к отремонтированной входной кромке рабочих лопаток ручной аргонодуговой сваркой, используя присадочную проволоку Св-06X15Н60М15 диаметром 1,6 мм без подогрева. Отремонтированные по данной технологии рабочие лопатки паровых турбин успешно эксплуатируют на ряде ТЭС АО «Мосэнерго».

Таблица 2. Удельная энергия разрушения, МДж/м²

Многослойная наплавка	a_3	a_p	$a_n = a_3 + a_p$
06X14	<u>0,21–0,37</u>	<u>0,28–0,30</u>	<u>0,51–0,65</u>
	0,30	0,29	0,58
	<u>1,04–1,71</u>	<u>0,35 и >1,2</u>	<u>1,39 и >2,91</u>
	1,42	0,8	2,2
06X15Н60М15+06X14	<u>0,78–0,83</u>	<u>0,47–0,65</u>	<u>1,30–1,43</u>
	0,8	0,56	1,36
	<u>0,64–0,92</u>	<u>0,41–0,57</u>	<u>1,05–1,49</u>
	0,78	0,49	1,27
Основной металл–сталь 15X11МФ	0,22	0,12	0,34
Без наплавки	0,36	0,3	0,69

Примечание. a_3 , a_p , a_n – здесь соответственно удельная энергия на зарождение трещины, ее развитие и полная.

Повышение износостойкости режущего и абразивного инструмента плазменной обработкой в вакууме

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, Институт прикладных проблем физики и биофизики НАН Украины (Киев)

Известно, что увеличение срока службы режущего инструмента достигается использованием высококачественных материалов, специальной термообработкой, твердосплавных вставок, поверхностной закалки, наплавки и твердых покрытий. Последние три процесса не всегда эффективны. Они довольно дорогостоящие и не всегда обеспечивают перезаточку инструмента с сохранением повышенной долговечности. Это обуславливает поиски новых технических решений увеличения долговечности режущего инструмента.

При экспериментальной отработке технологии использовали следующие материалы: быстрорежущие стали Р6М5 и Р18, конструкционные стали, твердые сплавы на основе вольфрама, искусственные алмазы, графит, медь, бронзу, абразивные материалы. Образцы облучали плазмой тлеющего разряда в вакуумной камере при давлении остаточного воздуха 10^{-1} – 10^{-2} мм рт. ст. Доза облучения составляла 10^{17} ион/см². Температуру образцов контролировали термомпарами, она не превышала 120 °С. Упрочненные образцы испытывали на износостойкость и срок службы до перезаточки. Измеряли микротвердость и некоторые другие специальные параметры. Микроструктуры изучали методами электронной микроскопии.

Плазменное облучение поверхности металлов приводит к увеличению плотности дислокаций на глубину до 4 мм (рисунк). Типы дислокационных субструктур при этом подобны субструктурам, формирующимся при пластической деформации. Если начальная плотность дислокаций высокая, то ее последующее увеличение меньше.

Микротвердость $H_{\mu 50}$ на поверхности облученных образцов увеличивается на 16–23% для быстрорежущей стали и на 7–10% для твердых сплавов на основе вольфрама. Установлено, что распределение микротвердости по поперечному сечению сверл из быстрорежущей стали после плазменного облучения

выравнивается, тогда как до облучения микротвердость снижается от поверхности к оси сверла. Подобный эффект имеет место и для искусственных алмазов.

При испытаниях на трение было обнаружено, что коэффициент трения облученных образцов стали уменьшался в 1,49–1,55 раза.

Исследования долговечности выполняли

для различных типов инструмента из металлов, алмаза и абразива (табл. 1 и 2). Во всех случаях после облучения долговечность повышалась на 26–314%.

Более подробные испытания были проведены для шлифовальных кругов из электрокорунда.

(Окончание на стр. 11)

Таблица 1. Долговечность режущего инструмента

Инструмент	Режим испытаний	Долговечность необлученного инструмента	Долговечность облученного инструмента	Относительное увеличение долговечности
Сверла из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 4 мм	Сверление высокопрочного титанового сплава BT22 ($\delta=25$ мм)	<i>Общая длина сверления, мм:</i>		
		525	1425, после перезаточки 1650	2,71 3,14
Концевые фрезы из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 8 мм	Фрезерование высокопрочного титанового сплава BT22	<i>Длина фрезерования, мм, при глубине срезания 1 и 2,5 мм:</i>		
		1720	4800 4600	2,79 2,56
Резцы из твердого сплава: Т15К6 VK8 VK8 (другой тип)	Точение высокопрочного сплава BT22	<i>Общая длина точения, мм:</i>		
		$1,5 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	1,53
		$2,5 \times 10^6$	4×10^6	1,6
		$1,87 \times 10^6$	$2,9 \times 10^6$	1,55

Таблица 2. Относительная долговечность слесарного инструмента

Инструмент	Относительная долговечность (облученный/необлученный)
Метчики М10–М14 (инструментальная сталь У8А)	3,1
Развертки диаметром 10–16 мм	2,9
Напильники (инструментальная сталь У8А)	2,3
Дисковая алмазная пила диаметром 400 мм (для резки гранита)	1,6
Отрезные абразивные круги диаметром 300 мм (для резки стали)	1,26

Таблица 3. Сравнение параметров шлифования для облученных (числитель) и необлученных (знаменатель) кругов

Коэффициент шлифования, мм ² /мм ³	Режущая способность, г/мин	Шероховатость, мкм	Увеличение коэффициента шлифования
0,55/0,35	13,1/15,4	4,32–4,76/4,16–4,47	1,57
0,55/0,38	13,1/15,2	4,18–4,68/4,02–4,63	1,45
0,54/0,30	13,2/15,6	–	1,80
0,56/0,32	13,1/15,7	–	1,75

Малые предприятия – пути эффективного развития*

В. И. Кочкин, *акад., МАК*, **З. А. Сидлин**, *д-р техн. наук, ООО «Ротекс-К» (Москва)*

На примере электродного производства подтверждается теория развития по спирали. Напомним, что, по опубликованным данным, в 1963 г. в СССР сварочные электроды выпускали на 155 предприятиях, из которых 127 (81%) имели годовой объем выпуска до 3 тыс. т, а суммарно производили треть общесоюзного выпуска. На тот период многие из них представляли собой кустарные и полукустарные мастерские, которые не могли обеспечить сколько-нибудь приемлемый уровень качества продукции и существовали только за счет хронического дефицита электродов. После принятия государством мер, направленных на концентрацию электродного производства, к 1975 г. доля таких предприятий снизилась до 61%, а к 1985 г. общее количество электродных производств уменьшилось до 65, причем только 21 из них по классификации, предложенной ВНИИМонтажспецстроем, было отнесено к специализированным, т. е. имеющим объем выпуска более 10 тыс. т в год.

Крупные цеха, рассчитанные на поточное производство одной-двух марок, строили в промышленных центрах (Орел, Днепропетровск, Череповец, Одесса). Выпускаемые ими электроды были существенно лучшего качества, хотя и они часто не соответствовали даже минимальным требованиям стандартов.

В новой политической и экономической обстановке ситуация на электродном рынке коренным образом изменилась, и вновь появились объективные условия для возникновения и успешного функционирования малых электродных предприятий. К таким условиям относятся современные реалии – высвобождение квалифицированной рабочей силы, прежде недоступной для малых электродных производств, появление отечественного специализированного эффективного оборудования, заинтересованность местных властей в создании новых рабочих мест, а также относительно низкие накладные расходы и первичные затраты,

* Данный материал был представлен на научно-практическом семинаре, посвященном 10-летию Ассоциации «Электрод» (май, 2000, С.–Петербург).

быстрая окупаемость, простота в управлении, близость к потребителю и пр.

На небольших предприятиях обычно формируется благоприятный психологический климат. Важнейшим является и то обстоятельство, что малые электродные цеха появляются в «глубинке», что позволяет решать социальные вопросы, обеспечивая новые рабочие места, налоговые поступления в местные бюджеты.

Один из базовых принципов возникновения и успешного развития малых электродных предприятий – их тесное взаимодействие с первыми шагами с достаточно квалифицированным базовым предприятием, лучше всего комплексно работающим в сфере электродного производства и обладающим необходимым научно-техническим потенциалом.

Пожалуй, одним из самых узких мест малых электродных производств и обычных возражений против их существования являются сомнения в возможности обеспечения ими требуемого качества электродов. Однако жизнь убедительно подтверждает такую возможность. Так, по данным НТЦ «СЕПРОЗ», предъявляющего достаточно жесткие требования при сертификации электродов, на 01.01.2000 г. им было сертифицировано 20 электродных производств, из которых подавляющее большинство (17, или 85%) относятся к малым. В их числе, например, фирма «Гефест» (Киев), сертифицировавшая 17 марок, ЧП «Наташа» (Антрацит) и др. Новые небольшие производства возникают и успешно функционируют рядом с крупными, давно работающими цехами, например, «Сибвелд» (Красноярск), Завод сварочных материалов (Екатеринбург), «Электродсервис» (Москва), «Райагропромэнерго» (Мядель, Минская обл.).

К малым предприятиям относится фирма ООО «Ротекс-К», единственное российское предприятие, которое в комплексе осуществляет разработку и изготовление оборудования для производства сварочных электродов, производство собственных электродов, а также поставку готовых шихтовых смесей, упаковочных материалов, проволоки для газовой сварки.



В. И. Кочкин



З. А. Сидлин

Фирма развивается, расширяя номенклатуру и повышая качество продукции. В настоящее время кроме технологического оборудования для электроизготавливающих линий различной мощности выпускает электроды диаметром от 1,6 до 5 мм как общего назначения с рутиловым, ильменитовым и основными видами покрытия, так и электроды для сварки высоколегированных сталей, для наплавочных работ, для разделительной резки металлов: всего в номенклатуре фирмы 27 марок. Рост физического объема выпуска в 1999 г. составил по электродам 52%, по оборудованию – 90%.

Все производимые электроды имеют гигиенические сертификаты Минздрава РФ и сертификаты соответствия Госстандарта РФ; на электроды ИТС-4С получен допуск Российского Морского Регистра Судоходства. Фирма удостоена международного приза 1998 г. «За качество», является Лауреатом Национального конкурса «Российская Марка», электроды МР-3Р удостоены серебряного знака качества «Российская Марка». Оборудование многократно отмечено дипломами международных и российских выставок. Все это позволяет поставлять оборудование и электроды не только на рынок СНГ.

При тесном сотрудничестве с базовым предприятием новые производства получают не только работоспособное оборудование «под ключ», но и последующее сервисное обслуживание, технологическое сопровождение, отработанную техническую документацию, возможность получения квалифицированной оперативной помощи. Работа по сокращенному технологическому циклу (на готовой шихте, растворах жидкого стекла) снимает целый комплекс технических, экологических и организационных вопросов.

Не секрет, что при описанных преимуществах малых предприятий их «узкими местами» даже при оптимальной организационной схеме являются сложность в материально-техническом обеспечении и повышенная чувствительность к рыночным колебаниям. Последнее особенно проявляется в условиях демпинговой

политики, целенаправленно проводимой некоторыми крупными производителями электродов. Успешное преодоление этих трудностей возможно при солидарном взаимодействии малых предприятий, для чего по инициативе ООО «Ротекс-К» была создана, в дополнение к существующей Ассоциации «Электрод», неформальная Ассоциация малых предприятий-производителей сварочных электродов.

Создание такой Ассоциации одобрили и вступили в нее более 20 предприятий, в числе которых ЗАО «Дон» (Н. Оскол), ЗАО «Свама» (С.-Петербург), ОАО «Химмаш-электрод» (Пенза), ОАО ОСП «Элком» (Комсомольск-на-Амуре) и пр. Почетным президентом Ассоциации был избран д-р техн. наук В. А. Казаков, вице-президент РНТСО. Участие в Ассоциации не требует вступительных и учредительных взносов. На первом этапе руководство и координацию деятельности Ассоциации осуществляет рабочее правление, функционирующее на базе ООО «Ротекс-К». Анкетирование членов Ассоциации позволило определить основные направления ее практической деятельности: мелкооптовая поставка шихтовых материалов, обеспечение быстроизнашивающимся инструментом и оснасткой, информационная поддержка, консультационная помощь.

Уже накоплен положительный опыт работ по данным направлениям. Так, готовую шихту ряда



марок постоянно используют ООО «Тантал» (Сызрань), ООО СП «Сибвелд» (Красноярск), ТО «Тамыр» (Экибастуз), ГП «ЭЛТИ» (Кострома) и ряд других предприятий. Многие предприятия обеспечиваются необходимыми инструментом и оснасткой. В их числе «Теплоэнергомонтаж» (Кумертау), Завод монтажных заготовок (Ангарск), «Электроконтактор» (Владикавказ).

Предприятия Ассоциации используют воз-

можности методического кабинета фирмы «Ротекс-К» для получения квалифицированных оперативных консультаций по всем вопросам электродного производства. Практика показывает, что координация действий и целенаправленная реальная помощь дают возможность малым предприятиям изготавливать конкурентоспособную продукцию, которая займет видное место на рынках СНГ. ■ #81

Повышение износостойкости режущего и абразивного инструмента плазменной обработкой в вакууме

(Окончание. Начало на стр. 9)

Кругами диаметром 200×32 мм шлифовали детали газовых турбин при следующем режиме: скорость вращения круга 2800 об/мин, усилие

прижатия круга к детали 40–50 Н. Результаты испытаний (табл. 3) показали, что коэффициент шлифования увеличивается в 1,4–1,8 раза, а режущая способность уменьшается в 1,14–1,17 раза. Последний результат объясняется увеличением твердости связки круга. Было также проверено влияние плазменного облучения на более глубокие слои шлифовального круга. Для этого круг обрезали до диаметра 185 мм, а затем – до 170 мм. В данном случае также имеется глубокое упрочнение (табл. 4).

Таблица 4. Распределение параметров упрочнения по глубине шлифовального круга

Диаметр шлифовального круга, мм	Коэффициент шлифования		Увеличение коэффициента шлифования
	Облученные круги	Необлученные круги	
200	0,55	0,35	1,57
185	0,42	0,28	1,50
170	0,21	0,15	1,40

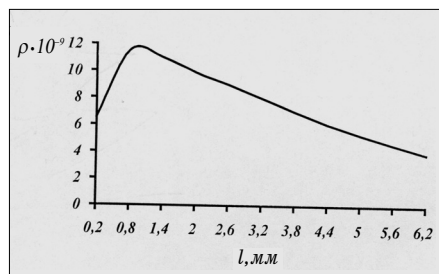


Рисунок. Типичное распределение плотности скалярных дислокаций для железа по глубине от поверхности облучения

Было также проверено влияние плазменного облучения на износостойкость таких деталей трения, как фильеры из твердого сплава ВК6 для протяжки медной проволоки диаметром 1,78 мм. Сравнительные испытания показали увеличение долговечности в 3,5–4 раза. Подобные испытания выполняли и для других материалов: графита, меди, бронзы. Детали трения из них были также более долговечны (в 2,5–5 раз).

Эффект повышенной износостойкости после плазменного облучения в вакууме объясняется возбуждением нелинейных колебаний в кристаллах, которые ведут к процессам активной самоорганизации в ионной подсистеме.

Экспериментально подтверждено, что после плазменного облучения в вакууме различных конструкционных материалов имеет место:

- увеличение плотности дислокаций до глубины 4 мм;
- увеличение износостойкости в 1,5–5 раз;
- увеличение микротвердости в 1,15–1,20 раз;
- уменьшение коэффициента трения в 1,5 раза.

■ #80

Производственные сварочно-технологические испытания улучшенных марок флюсов АН-47 и АН-348-А

Н. И. Дуда, В. С. Федоров, В. М. Ланцман, инженеры, Днепропетровский завод металлоконструкций,
Н. Я. Осипов, В. И. Нетяга, Н. Н. Олейник, инженеры, ОАО «Запорожстеклофлюс»,
А. В. Залевский, канд. техн. наук., ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Высокие требования к качеству продукции обуславливают необходимость тщательного отбора сварочных материалов, используемых при изготовлении металлических конструкций.

Предложенные ОАО «Запорожстеклофлюс» флюсы АН-47-Д и АН-348-АП, выпускаемые по ТУ У 05416923.049-99 методом двойного рафинирования расплава флюса, представляют собой улучшенные марки плавящихся флюсов марок АН-47 и АН-348-А (ГОСТ 9087).

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, отличия усовершенствованных марок флюсов от выпускаемых по ГОСТ 9087 заключались в более низком содержании серы и фосфора, а также в возможности контроля концентрации в них углерода. Известно, что действующий ГОСТ 9087 не предусматривает

этот контроль (за исключением флюса АН-26-СП). Кроме того, новые технические условия расширяют диапазон значений насыпной плотности для флюсов АН-47 и АН-348-А в сторону ее уменьшения. Это объясняется необходимостью улучшения формирования металла швов.

Сравнительный анализ данных табл. 1 показывает, что представленные к испытаниям флюсы АН-47-Д и флюс АН-348-АП полностью соответствуют требованиям как ТУ У 05416923.049-99, так и ГОСТ 9087 по химическому составу и насыпной плотности. Однако обращает на себя внимание весьма низкое (в 2-5 раз) содержание во флюсах вредных примесей – серы, фосфора и углерода, что является следствием двойного рафинирования расплава флюса при его изготовлении. На такую обработку флюса указывает

буква Д в обозначении его марки. Флюс АН-348-АП по химическому составу идентичен марке АН-348-А по ГОСТ 9087, однако имеет пемзовидное строение зерен с насыпной плотностью ниже предельного значения по ГОСТ 9087.

Первоначально сварочно-технологические свойства флюсов оценивали при сварке угловых стыков проволокой Св-08ГА диаметром 5 мм на Днепропетровском заводе металлоконструкций по действующей технологии подготовки, сборки и сварки угловых соединений из стали ВСтЗсп толщиной 20 мм (табл. 2). Результаты испытаний приведены в табл. 3.

В целом сварочно-технологические свойства испытанных флюсов не уступают флюсам, используемым в производстве ДЗМК в настоящее время. Следует отметить, что для

Таблица 1. Физико-химические показатели качества испытанных флюсов

Флюс	Массовая доля, %												Насыпная плотность, г/см ³
	Кремния оксид	Марганца оксид	Кальция оксид	Магния оксид	Алюминия оксид	Кальций фтористый	Титана оксид	Циркония оксид	Железа оксид	Сера не более	Фосфор не более	Углерод	
АН-47 по ГОСТ 9087	28-33	11-18	13-17	6-10	9-13	8-13	4-7	1,1-2,5	0,5-3,0	0,05	0,08	-	1,4-1,8
АН-47-Д по ТУ У 05416923.049-99	28-33	11-18	13-17	6-10	9-15	8-13	4-7	1,1-2,5	0,5-3,0	0,04	0,07	0,1	1,35-1,6
АН-47-Д по результатам испытаний	33,0	15,4	15,1	6,5	11,8	8,6	4,3	1,72	1,53	0,018	0,044	0,019	1,57
АН-348-А по ГОСТ 9087	40-44	31-38	Не более 12	Не более 7	Не более 6	3-6	-	-	0,5-2,0	0,11	0,12	-	1,3-1,8
АН-348-АД по ТУ У 05416923.049-99	40-44	31-38	Не более 12	Не более 7	Не более 13	3-6	-	-	0,5-2,2	0,09	0,10	0,1	1,3-1,8
АН-348-АП по ТУ У 05416923.049-99	40-44	31-38	Не более 12	Не более 7	Не более 13	3-6	-	-	0,5-2,2	0,09	0,10	0,1	1,1-1,3
АН-348-АД по результатам испытаний	40,5	32,4	10,7	2,0	5,2	4,3	-	-	2,2	0,042	0,044	0,014	1,37
АН-348-АП по результатам испытаний	41,2	32,1	10,6	1,9	5,6	4,1	-	-	1,0	0,053	0,048	0,016	1,15

скоростной сварки угловых швов (66 м/ч) лучшее формирование обеспечивает пемзовидный флюс АН-348-АП, однако при сварке стыковых швов заметной разницы в формировании швов между всеми образцами флюсов не отмечено.

Все флюсы оценивались также по показателям механических свойств стыковых сварных соединений. При этом для испытаний флюса АН-47-Д использовали сталь 10ХСНД толщиной 12 мм (без скоса кромок, зазор 2+1 мм) и сварочную проволоку марки Св-10Г2 диаметром 5 мм; для испытаний флюсов АН-348-АД и АН-348-АП – сталь ВСтЗсп толщиной 20 мм (с X-образной подготовкой кромок, притупление 6±1 мм, зазор 0,2 мм) и сварочную проволоку Св-08А диаметром 5 мм.

Все стыковые соединения подвергались 100%–му визуальному и ультразвуковому контролю. Режимы сварки стыковых соединений представлены в табл. 4.

Как и ранее процесс горения дуги во всех случаях сварки был стабилен, формирование швов хорошее – поверхность металла швов гладкая, мелкочешуйчатая.

Отделимость шлаковой корки самопроизвольная. Пор и трещин в сварных соединениях не установлено. Результаты механических испытаний сварных соединений представлены в табл. 5.

Результаты испытаний механических свойств сварных соединений показывают, что прочностные характеристики швов, сваренных под флюсом АН-47-Д, отвечает требованиям, предъявляемым к основному металлу по ГОСТ 6713-91 «Сталь углеродистая низколегированная конструкционная для мосто-

Таблица 2. Режимы сварки угловых соединений

Флюс	Сварочный ток	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
АН-348-АД	700	39	6
АН-348-АП	720-730	39-40	66

Примечание. Ток переменный.

Таблица 3. Результаты испытаний улучшенных марок флюсов

Характеристика	АН-348-АД	АН-348-АП
Устойчивость дуги	Хорошая	Хорошая
Форма перехода к основному металлу	Удовлетворительная	Лучше, чем у АН-348-Д
Чешуйчатость шва	То же	То же
Склонность к порообразованию	Не отмечена	Не отмечена
Отделимость шлаковой корки	Удовлетворительная	Лучше, чем у АН-348-Д
Наличие трещин	Нет	Нет

Таблица 4. Режимы сварки стыковых соединений

Флюс	Номер прохода	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
АН-47-Д	I,II	520	35	24
АН-348-АД	I,II	460-470	38-39	24
	III	720	38-39	24
АН-348-АП	I,II	470-480	38-39	24
	III	770	38-39	24

Примечание. Ток постоянный обратной полярности.

строения», а характеристики швов, сваренных под флюсами АН-348-АД и АН-348-АП, отвечают требованиям, предъявляемым к основному металлу по ГОСТ 27772-89 (ГОСТ 380-88) «Сталь углеродистая обыкновенного качества».

Флюс АН-47-Д по ТУ У 05416923.049-99 полностью соответствует требованиям ВСН-169 к сварным соединениям.

Флюсы АН-348-АД и АН-348-АП по ТУ У 05416923.049-99 полностью отвечают

требованиям СНиП Ш-18-75 «Правила производства и приемки работ. Металлические конструкции» к сварным соединениям.

Сварочные флюсы АН-47-Д, АН-348-АД и АН-348-АП, изготовленные Запорожским заводом сварочных флюсов и стеклоизделий по ТУ У 05416923.049-99 методом двойного рафинирования, полностью отвечают требованиям нормативно-технической документации к сварным соединениям и могут быть допущены к сварке мостовых конструкций. ■ #82

Таблица 5. Показатели механических свойств стыковых сварных соединений

Флюс (проволока, сталь)	Форма разделки кромок	Наплавленный металл						Сварное соединение					
		Предел текучести, МПа		Временное сопротивление разрыву, МПа		Относительное удлинение, %		Временное сопротивление разрыву, МПа		Угол загиба, град.		Ударная вязкость, Дж/см ²	
		Требуемое значение	Действительное значение	Требуемое значение	Действительное значение	Требуемое значение	Действительное значение	Требуемое значение	Действительное значение	Требуемое значение	Действительное значение	Требуемое значение	Действительное значение
АН-47-Д (Св-10Г2, Св-10ХСНД)	Без разделки	Не менее 40 (ГОСТ 6713-75)	49,1-50,2	54-70 (ГОСТ 6713-75)	54-70	61,2-61,9	19 (ГОСТ 6713-75)	20,6-24,0	54-70 (ГОСТ 6713-75)	57,3-57,0*	Не менее 120	40 (-40 °С), не менее	56-81
АН-348-АД (Св-08А, ВСтЗсп)	X-образная	Не менее 27 (ГОСТ 380-88)	38,2-38,6	Не менее 39 (ГОСТ 380-88)	55,2-55,8	23 (ГОСТ 380-88)	27-33	39 (ГОСТ 380-88)	38,6-39,2*	Не менее 100	120	30 (-20 °С), не менее	85-120
АН-348-АП (Св-08А, ВСтЗсп)	X-образная	Не менее 27 (ГОСТ 380-88)	35,6-38,7	Не менее 39 (ГОСТ 380-88)	51,4-55,9	23 (ГОСТ 380-88)	33-27	39 (ГОСТ 380-88)	38,6-39,2*	Не менее 100	120	30 (-20 °С), не менее	94-106

*Разрыв по основному металлу.

Профессиональный инверторный сварочный аппарат для дуговой сварки покрытыми электродами «Импульс 2»

С. Д. Рудык, канд. техн. наук, В. Е. Турчанинов, инж., ОАО «Маяк» (Винница)

Первые промышленные инверторные сварочные аппараты появились в начале 80-х годов. В настоящее время около 30% сварочных источников, продаваемых в Европе, выполнены по инверторному принципу. На основе многолетнего опыта практического использования инверторных сварочных аппаратов, выпускаемых в Европе, можно констатировать, что существенных недостатков, кроме длительной и трудоемкой отработки конструкции, технологии и испытаний первых образцов продукции, инверторный принцип построения источников сварочного тока не имеет. А преимущества такого рода сварочных аппаратов очевидны и широко описаны в литературе.

На основании собственного, более чем двадцатилетнего опыта по производству инверторных высокочастотных преобразователей

напряжения различного назначения на Винницком ОАО «Маяк» был разработан и с 1998 г. серийно выпускается инверторный сварочный выпрямитель для дуговой сварки ВД-16 1 УЗ «Импульс 2».

По техническим параметрам выпрямитель соответствует требованиям ГОСТ 13821 и реализует преимущества современного инверторного источника сварочного тока. Аппарат прошел длительные испытания на ведущих предприятиях Винницы, Киева, Черкасс, Москвы, а также в Институте Сварки России.

Сварочный аппарат «Импульс 2» обеспечивает ручную дуговую сварку на постоянном токе покрытыми электродами и обладает рядом положительных свойств, отличающими его от сварочных выпрямителей, построенных по традиционным принципам:

■ минимальным потреблением мощности из

сети в режиме холостого хода (не более 40 Вт);

■ возможностью плавной регулировки сварочного тока во всем диапазоне токов, что позволяет легко подобрать оптимальный режим сварки для конкретного типа электродов и даже конкретного экземпляра электрода, который соответствует максимальной производительности, минимальному расходу материалов, необходимой глубине проплавления, например, не вызывает каких-либо затруднений получение даже вогнутой поверхности шва при выполнении тавровых соединений;

■ падением при коротком замыкании сварочной цепи, возникающем при поджиге электрода, потребляемой из сети мощности (по сравнению с режимом работы при номинальном сварочном токе), что делает возможными сварку в местах с маломощной электросетью, работу с протяженными сетевыми удлинителями либо работу от автономных источников электроэнергии (например, в составе специальных машин аварийных служб);

■ наличием специального алгоритма поджига дуги, заключающегося в том, что при коротком замыкании сварочной цепи ток короткого замыкания равен двукратному значению выбранного в данный момент тока сварки («форсаж»), что позволяет легко возбуждать дугу даже при использовании, так называемых, «тяжелых» для возбуждения дуги электродов;

■ большой крутизной выходной статической вольтамперной характеристики в сочетании с высокими динамическими свойствами источника тока, что позволяет производить качественную сварку электродами диаметром 1,6–3,0 мм (для отдельных типов электродов до 4,0 мм), предназначенными для сварки низкоуглеродистых, высоколегированных, коррозионностойких жаропрочных и жаростойких сталей и сплавов, для на-

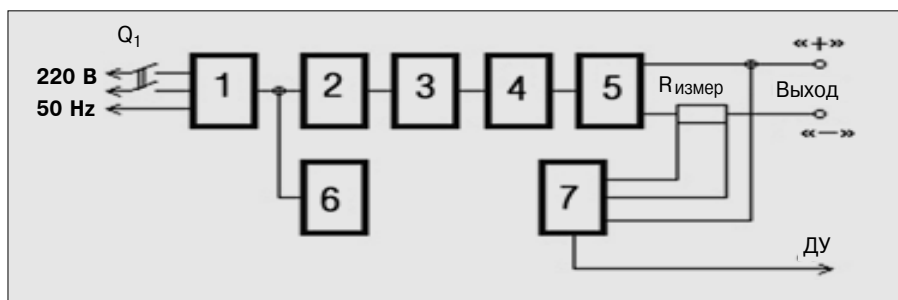


Рис. 1. Функциональная схема сварочного выпрямителя «Импульс 2»

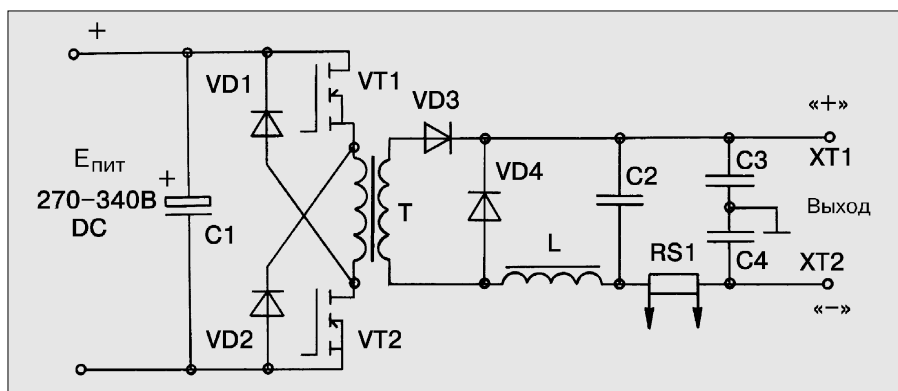


Рис. 2. Упрощенная принципиальная схема узлов 3, 4, 5 рис. 1

плавки покрытий с особыми свойствами, для сварки чугуна;

- специальной динамической характеристикой источника тока совместно с высоким значением напряжения холостого хода (среднее значение напряжения холостого хода составляет 80 В), что обеспечивает стабильное горение дуги с минимальным разбрызгиванием металла, высокую эластичность дуги, даже при сварке электродами с покрытиями, традиционно считающимися «тяжелыми»;
- обшивкой корпуса из листового алюминия, что предохраняет корпус от коррозии и позволяет сохранять внешний вид аппарата в течение длительной интенсивной эксплуатации в «тяжелых» условиях. Эргономичный, компактный, небольшой массы аппарат легко транспортировать и располагать в сложных для доступа местах;
- возможностью дистанционной регулировки сварочного тока с выносного пульта управления.

Сварочный аппарат содержит встроенный малошумящий вентилятор системы принудительного охлаждения. Имеется защитный термовыключатель, отключающий аппарат при перегреве либо нарушении функционирования системы охлаждения. Аппарат оснащен устройством защиты от «залипания» электрода, которое отключает сварочный ток при закорачивании сварочной цепи на время более 4–5 с, что позволяет легко удалить «залипший» электрод и использовать его повторно.

С аппаратом поставляют сварочные провода, оснащенные сварочными разъемами и электрододержателем фирмы «ABICOR BINZEL» (Германия). По отдельному договору совместно с аппаратом могут поставлять приставки, обеспечивающие дуговую сварку в среде аргона неплавящимся электродом или сварку проволокой в среде углекислого газа. Упрощенная функциональная схема сварочного выпрямителя «Импульс 2» показана на рис. 1.

Напряжение питающей сети 220 В (50 Гц) после сетевого фильтра 1 радиопомех поступает на выпрямитель сети 2, где после выпрямления сглаживается емкостным фильтром. Выпрямитель сети 2 содержит устройство ограничения пускового тока. Выпрямленное и сглаженное напряжение питает высокочастотный инвертор 3, к выходу которого подключен высокочастотный импульсный трансформатор 4. Трансформатор осуществляет гальваническую развязку выхода сварочного выпрямителя от питающей сети и понижает уровень напряжения. Ко вторичной об-



Основные технические параметры выпрямителя «Импульс 2»:

Номинальное напряжение питающей сети, В	220±22 (50±1 Гц)
Номинальное (максимальное) значение сварочного тока при рабочем напряжении 26 В, А	160
Минимальное значение сварочного тока при рабочем напряжении не более 21 В, А, не более	20
Плавная регулировка сварочного тока в диапазоне, А	20–160
Номинальный ПН при токе 160 А, %, не менее	35
Кoeffициент полезного действия, %, не менее	80
Средний потребляемый из сети ток при сварке электродом диаметром 3,0 мм, А, не более	16
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха, °С	От минус 10 до плюс 40
Степень защиты оболочки (корпуса) по ГОСТ 15254	IP22
Габаритные размеры, мм, не более	440×320×165
Масса, кг, не более	15,2

мотке трансформатора 4 подключен выходной выпрямитель 5 с индуктивным фильтром. Устройство самопитания и воздушного охлаждения 6 формирует соответствующие уровни напряжений для питания вентилятора системы охлаждения и его автоматики, а также для питания системы управления инвертором 7, которая соответствующим образом обрабатывает сигналы с токового шунта $R_{\text{ИЗМЕР}}$, выходных гнезд сварочного выпрямителя, внешние сигналы с разъема дистанционного управления сварочным током ДУ и формирует сигналы управления силовым инвертором. На рис. 2 показана упрощенная принципиальная схема узлов 3, 4, 5.

Высокочастотный управляемый инвертор выполнен по однотактной полумостовой схеме на полевых транзисторах VT1 и VT2 фирмы «International rectifier», работающих на частоте коммутации 40 кГц. Управление параметрами

выходного тока инвертора осуществляется при помощи широтно-импульсной модуляции.

Трансформатор выполнен на ферритовом сердечнике, а дроссель L – на сердечнике из тонкой электротехнической стали. Индуктивность дросселя L выбрана как с учетом необходимого сглаживания переменной составляющей тока с частотой 40 кГц, так и с учетом ее влияния на динамическую характеристику источника сварочного тока.

Система управления инвертором 7 (рис. 1) содержит несколько обратных связей, позволяющих контролировать выходное напряжение и ток источника и формировать широтно-импульсно модулированный сигнал управления силовыми транзисторами инвертора. Система выполнена с применением ряда специализированных и универсальных интегральных микросхем.

Профессиональный инверторный сварочный аппарат для дуговой сварки покрытыми электродами «Импульс 2»

Основными проблемами, которые возникли при проектировании сварочного источника, были обеспечение безопасных режимов работы силовых транзисторов инвертора в динамических режимах нагрузки, сопровождающих сварочные процессы, подавление высокочастотных радиопомех, неизменно сопровождающих работу силового высокочастотного инвертора, разработка конструкции высокочастотного силового трансформатора с высоким КПД. Решение этих проблем потребовало применения новых технических подходов, защищенных авторскими свидетельствами на изобретения. На рис. 3 показана зависимость относительного уровня напряжения генерируемых радиопомех в диапазоне частот для сварочного выпрямителя «Импульс 2» при различных режимах его нагрузки. Получение плавных кривых потребовало значительных затрат как времени, так и

материальных средств на стадии разработки. Сварочный аппарат такого класса представляет собой достаточно сложное электротехническое изделие, содержащее большое количество покупных электронных компонентов. Для того чтобы надежность изделия не ухудшалась за счет увеличения количества комплектующих и усложнения конструкции, при серийном производстве возникала необходимость применения ряда специфических технологических операций, как правило, не характерных для производства сварочных аппаратов традиционного типа. Так, перед установкой в изделие все электронные компоненты должны проходить входной контроль по основным электрическим па-

раметрам, а при использовании ранее не применяемых элементов – дополнительные испытания на принудительный отказ. На заключительной стадии производства, перед проведением приемо-сдаточных испытаний, каждый аппарат нужно подвергать испытаниям на принудительный отказ (технологический прогон) при максимальной электрической нагрузке и повышенной рабочей температуре, а также на устойчивость к воздействию механических нагрузок на вибрационном стенде.

Опыт показал, что эксплуатационная надежность аппаратов, изготовленных в соответствии с перечисленными требованиями, увеличивается в 3–4 раза. ■ #83

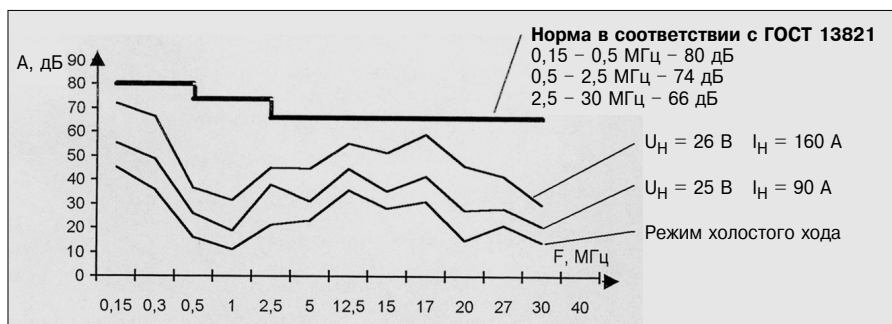


Рис. 3. График зависимости напряжения радиопомех, создаваемых при работе сварочного аппарата при различных режимах работы

«Проблемы обеспечения качества в сварочном производстве»

Общество сварщиков Украины, Научно-технический комплекс «Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины», Украинский аттестационный комитет сварщиков, Украинский центр «Наука. Техника. Технология», Информационный центр делового сотрудничества приглашают принять участие в работе научно-практической конференции и выставке «Проблемы обеспечения качества в сварочном производстве», проводимых при содействии Программы Развития ООН.

Конференция и выставка состоятся 3–6 апреля 2001 г. в Киеве, в конференц-зале Института электросварки им. Е. О. Патона.

Рабочая группа оргкомитета:

Главацкая Зоя Юрьевна,
 генеральный директор Украинского информационного
 Центра «Наука. Техника. Технология» т/ф: (044) 573-3040
Илюшенко Валентин Михайлович,
 вице-президент Общества сварщиков Украины (044) 227-2466
Юрлов Борис Владимирович, координатор проекта
 программы развития ООН в Украине, эксперт ЮНИДО (044) 268-3523
E-mail: office@seminar.freenet.kiev.ua; welder@svitonlaine.com

Тематика конференции:

- сертификация сварочной продукции и технологических процессов;
- аттестация сварщиков и специалистов сварочного производства;
- подготовка инженеров-сварщиков в технических университетах;
- стандартизация;
- новые разработки в области технологий сварки и их эффективное использование;
- современное сварочное оборудование для дуговой сварки, плазменной резки, газопламенной обработки металлов;
- охрана труда и средства защиты сварщиков;
- информационно-техническое обеспечение сварочного производства.

НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Полуавтомат для дуговой сварки ПДГ-421

ОАО «Фирма СЭЛМА» разработало и выпускает полуавтомат для сварки в среде защитного газа сплошной и порошковой проволоками низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Полуавтомат ПДГ-421 разработан по техническому заданию судостроительных и судоремонтных предприятий.

В новом полуавтомате предусмотрены плавная регулировка скорости подачи электродной проволоки, управление сварочным источником питания и подающим механизмом с помощью кнопки, установленной на держателе горелки, наличие тормозного устройства, соответствующего европейскому стандарту, использование двух и четырех роликовых проволокоподающих устройств, применение роликов со специальной насечкой для порошковой проволоки, использование ПДГ-421 с блоком питания БП-02 (рисунок), что обеспечивает подключение к любому типу сварочных источников.



Полуавтомат ПДГ-421

Техническая характеристика ПДГ-421:

Номинальный сварочный ток при ПВ=60% и длительности цикла 10 мин, А .400
Диаметр электродной проволоки, мм .0,6-1,6
Количество пар прижимных роликов, шт1 или 2
Мощность электродвигателя привода, Вт . . .60
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч45-950
Расход защитного газа, л/ч360-700
Габаритные размеры, мм490x185x295
Масса, кг11

С. В. Раков,

ОАО «Фирма СЭЛМА» (Симферополь)

Электроды с рутил-целлюлозным покрытием

Электроды АНО-36 предназначены для ручной дуговой сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей переменным (минимальное напряжение холостого хода 50 В) или постоянным токами во всех пространственных положениях, в том числе на вертикальной плоскости способом сверху-вниз. Отличаются легким начальным и повторным зажиганием, стабильным горением дуги, обеспечивают малые потери металла шва и легкую отделимость шлаковой корки.

По сварочно-технологическим свойствам новые электроды превосходят электроды марок МР-3, АНО-4, ОЗС-4 и ОЗС-12. Конкурентоспособны на внешнем рынке.

Химический состав наплавленного металла, % масс.

C Не более 0,11
Si 0,10-0,30
Mn 0,40-0,60
S Не более 0,030
P Не более 0,035

Механические свойства наплавленного металла:

Предел текучести, Н/мм², не менее380
Предел прочности, Н/мм², не менее450
Относительное удлинение, %, не менее22
Ударная вязкость КСЧ при температуре испытания плюс 20 °С, Дж/см², не менее . .78

Электроды рекомендуют использовать при сварке, ремонте стальных конструкций из металла толщиной до 20 мм. Они позволяют выполнять сварку стыковых соединений с повышенным зазором, а также при наличии на свариваемых кромках ржавчины, окалины и других поверхностных загрязнений.

И. Р. Явдошин,

НПФ «Патон-Электрод» (Киев)

Промышленное оборудование для очистки воздуха от газов и сварочного аэрозоля

МУП «Консар» производит и поставляет фильтровентиляционные установки ФВУ-1200 и фильтровентиляционные агрегаты ФВА-3500 для очистки воздуха от сварочного аэрозоля, образующегося при сварке и резке металлов. Загрязненный воздух, пройдя через систему фильтров (фильтр грубой очистки, электроста-



Фильтровентиляционная установка ФВУ-1200

тический фильтр и фильтр-адсорбер), возвращается в помещение. Высокая степень очистки позволяет применять фильтровентиляционное оборудование в малых помещениях без дополнительной вентиляции.

Техническая характеристика:

	ФВУ-1200	ФВА-3500
Производительность, м ³ /ч	1200	3500
Степень очистки, %:		
твердой фазы		
сварочного аэрозоля,		
не менее	97	95
газообразной фазы		
сварочного аэрозоля,		
не менее	90	85
Уровень шума, ДБ,		
не более	75	72
Количество обслуживаемых постов.	1	4
Потребляемая мощность, кВт	1,1	3,4
Масса, кг	160	220

Применение фильтровентиляционного оборудования позволяет обеспечить очистку воздуха от сварочного аэрозоля до требований санитарных норм, снизить выбросы вредных веществ в атмосферу, уменьшить затраты на отопление и вентиляцию, связанные с использованием традиционной вытяжной вентиляции.

Б. В. Проневич,

МУП «Консар», г. Саров

НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52, или позвонить по телефону (044) 261-0839.

Расскажите, пожалуйста, об особенностях сварки угольным электродом и возможных областях ее применения?

С. Н. Савельев (Омск)

Угольные электроды изготавливают из аморфного электротехнического угля в виде стержней круглого сечения диаметром от 6 до 18 мм, длиной 250–700 мм с гладкой листово-черной поверхностью. Для сварки пригодны только сплошные электроды, т. е. без канала внутри. Конец электрода затачивают под углом 60–70°, а для сварки цветных металлов – 20–40°.

Процессу сварки угольными электродами присущи такие особенности:

- температуры плавления и кипения угольных электродов весьма высоки и настолько близки ($T_{пл}=3800\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{кип}=4200\text{ }^{\circ}\text{C}$), что практически процесс плавления не удается наблюдать, видно лишь медленное испарение;

- сварку угольными электродами можно вести только на прямой полярности (минус на электроде). При обратной полярности наблюдается недостаточно устойчивое горение дуги, неудовлетворительное формирование шва, происходит науглераживание наплавленного металла, электрод сильно разогревается на большой длине, что приводит к увеличению его испарения;

- коэффициент полезного действия дуги при сварке угольным электродом значительно ниже, чем при сварке металлическим плавящимся электродом;

- дуга в процессе сварки чувствительна к различным внешним воздействиям, потокам газов, ветру и т. п., а также сильно поддается магнитному дутью.

Вместе с тем, угольные электроды успешно применяют для сварки тонколистового металла, заварки дефектов литья, сварки цветных металлов и наплавки твердых сплавов.

В настоящее время используют следующие

способы сварки угольным электродом тонколистового металла:

- без присадочного материала;
- с подачей присадочного материала в дугу;
- с предварительной укладкой присадочного материала.

Сварка без присадочного материала – это наиболее простой способ, получивший наибольшее распространение. Он заключается в оплавлении дугой кромок свариваемых деталей. Этим способом сваривают листы при бортовых, угловых и нахлесточных соединениях. Причем производительность сварки при толщине листов 1–3 мм может быть значительно выше производительности ручной сварки покрытыми металлическими электродами. Без присадочного материала успешно сваривают уголки, швеллеры и другие профили, в которых шов образуется за счет расплавленного металла кромок или полок. Сварка стыковых соединений этим способом дает ослабленный шов, и поэтому его можно применять только лишь в тех случаях, когда шов не будет подвергаться значительным усилиям.

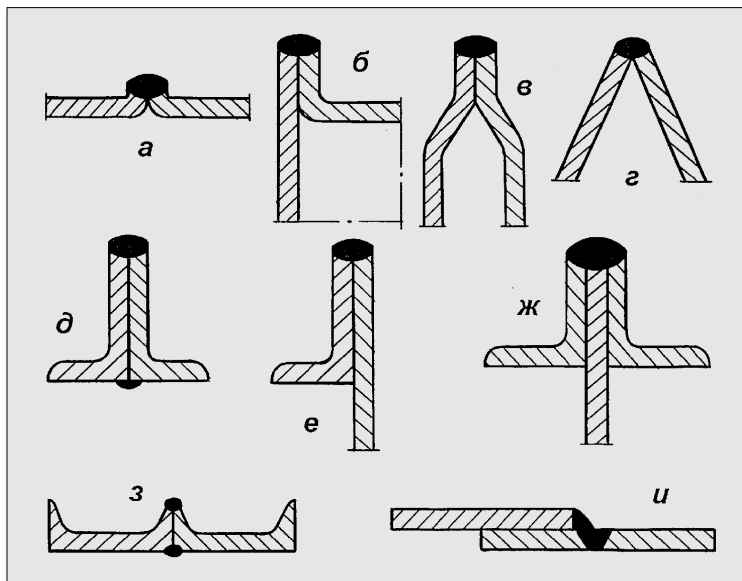


Рис. 1. Пример использования сварки без присадочного материала: а - стыковое соединение листов толщиной 1-2 мм с отбортовкой кромок; б - присоединение штампованного днища к обечайке; в - соединение кожухов, емкостей и т. п.; г - угловое соединение; д, е, ж, з - различные виды соединений из уголков, швеллеров и листов, соединение внахлест

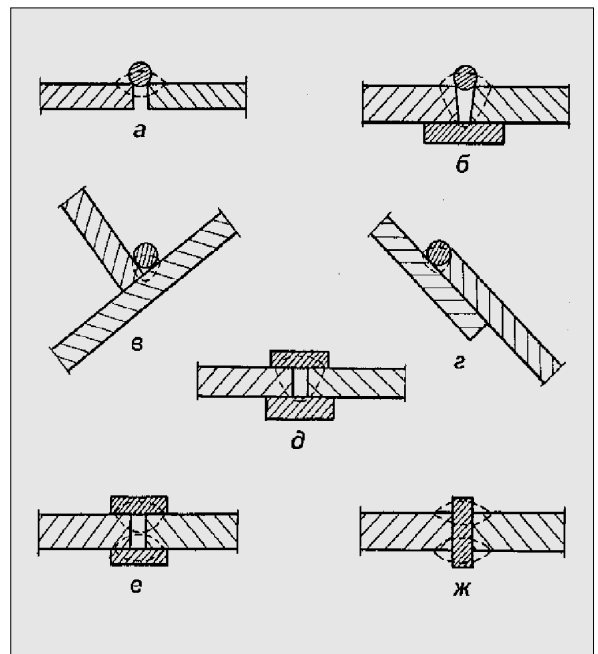


Рис. 4. Сварные соединения с укладкой присадочного материала

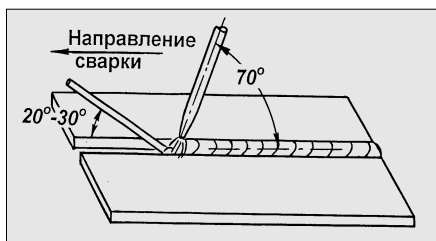


Рис. 2. Сварка тонких листов с подачей присадочного металла в дугу

Характерные типы сварных соединений, которые можно выполнять этим способом, показаны на рис. 1.

Сварка тонких листов с подачей присадочного материала в дугу ведется по схеме, приведенной на рис. 2. Сварщик в левой руке держит присадочный пруток, а в правой – держатель с угольным электродом. Факел дуги направляют на конец присадочного материала, и этим предупреждают прожоги при сварке тонких листов. Такой способ рекомендуют для сварки стальных листов толщиной 0,3–1,0 мм.

Этот способ дает также хорошие результаты при заварке дефектов литья и при сварке цветных металлов.

Сварку с подачей присадочного материала в дугу можно выполнять «левым» и «правым» способами. При «левом» способе (рис. 3, а) присадочный пруток размещают между электродом и основным металлом, пламя дуги направлено на основной металл. При «правом» способе (рис. 3, б) присадочный пруток разме-

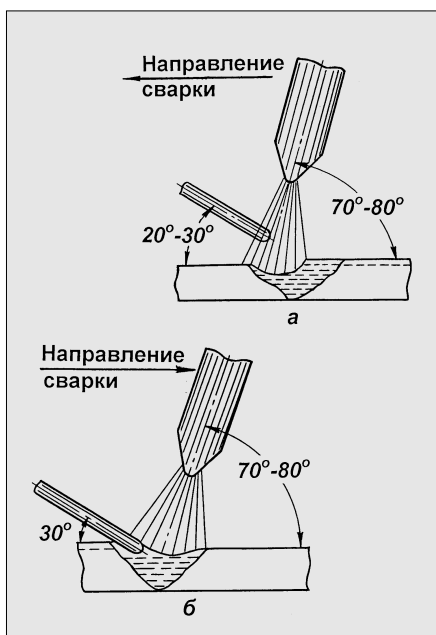


Рис. 3. Схема «левого» (а) и «правого» (б) способов сварки с подачей присадочного материала

Таблица 1. Режимы сварки угольными электродами

Вид соединения	Толщина металла, мм	Сила тока, А	Диаметр электрода, мм	Скорость сварки, м/ч
Односторонний стыковой шов	2	200	10	20
	3	300	12	20
Односторонний угловой шов	2	150	10	20
	3	250	10	15
С отбортовкой кромок	1	130	10	30
	2	200	10	40

щают между наплавленным валиком и угольным электродом, пламя дуги направлено на расплавленный металл.

При «правом» способе нагрев более концентрированный, чем при «левом», что позволяет производить сварку на больших скоростях. Однако при «правом» способе велика вероятность прожогов.

На практике чаще применяют «левый» способ, а «правый», как правило, используют при сварке металла больших толщин.

Сварку с предварительной укладкой прутков или полосок применяют при выполнении стыковых и угловых швов из листов большой толщины (рис. 4). При этом получается усиленный шов за счет сплавления кромок свариваемых листов и присадочного прутка.

Сварочный ток подбирают в зависимости от толщины металла и вида сварного соединения, диаметр электрода – в зависимости от толщины свариваемых листов с таким расчетом, чтобы электрод не разогревался по всей длине до светло-красного кипения, которое вызывает его быстрое испарение, растекание и расход.

Примерные режимы сварки соединений низкоуглеродистой стали угольными электродами приведены в табл. 1.

Увеличение плотности тока можно допускать при пользовании графитовыми электродами. Графитовые электроды изготавливают из кристаллического углерода–графита. Цвет графитовых электродов темно–серый с металлическим блеском. Они мягкие, легко режутся, при сварке дают лучшие результаты, чем угольные. Благодаря высокой электропроводности и стойкости против окисления они мед-

Таблица 2. Режимы сварки графитовыми электродами

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Скорость сварки, м/ч
1,5	5	90–100	45
2	6	125–135	40
2,5	6–8	100–250	35
3	6–8	250–275	33

леннее испаряются и более стойки против растрескивания. При использовании графитовых электродов представляется возможность повысить силу тока в 2,5–3 раза по сравнению с угольными электродами. Это позволяет пользоваться более тонкими и удобными в работе электродами. Ориентировочные режимы сварки соединения по отбортовке кромок с использованием графитовых электродов приведены в табл. 2.

При сварке тонких листов угольным электродом наружный вид шва лучше, чем при сварке покрытым металлическим электродом. Механические свойства сварных соединений практически находятся на уровне свойств основного металла.

Сварку угольным электродом успешно можно применять и для сварки цветных металлов, и для наплавки твердых сплавов. С этой целью используют дугу косвенного действия. Дуга возбуждается между двумя угольными электродами. Сварку ведут на переменном токе на режимах, приведенных в табл. 3.

Ю. В. Демченко,
канд. техн. наук

Таблица 3. Режимы сварки угольными электродами при использовании дуги косвенного действия

Вид сварки и материалы	Толщина свариваемого элемента, мм	Сила тока, А
Сварка свинца, медных листов и сплавов алюминия	0,3–0,6	15–30
Сварка нержавеющей стали, медных листов и сплавов алюминия	1–3	25–50
Нагрев металла, пайка твердыми припоями, наплавка твердых сплавов	–	60–150

Электрошлаковая наплавка. Часть I

И. А. Рябцев, Ю. А. Кусков, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона

В основе электрошлаковых технологий лежит процесс выделения теплоты в расплавленном шлаке при пропускании через него электрического тока. Электрошлаковая сварка была разработана в начале 50-х годов в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. Практически сразу электрошлаковый процесс начали применять и для наплавки.

Как и любая другая технология, ЭШН не свободна от недостатков. Для многих процессов ЭШН характерны – перегрев наплавленного металла и металла зоны термического влияния, снижение вследствие этого их ударной вязкости; сложность и металлоемкость оборудования; большая энергоемкость процесса; большой расход охлаждающей воды. С помощью большинства способов ЭШН невозможно наплавлять слои толщиной менее 10–15 мм.

Однако, учитывая большую номенклатуру наплаваемых деталей, различные технологии ЭШН успешно применяют там, где указанные недостатки не являются существенными.

Одним из условий обеспечения стабильного электрошлакового процесса для большинства способов ЭШН является наличие достаточно глубокой шлаковой ванны. При малой глубине ванны возможен переход процесса в электродуговой, при большой – значительно

увеличивается расход энергии на поддержание шлаковой ванны большого объема в расплавленном состоянии. Следует отметить, что из-за достаточно большого объема шлаковой и металлической ванн при большинстве способов ЭШН необходимо применять формирующие устройства.

Классификация способов ЭШН по технико-технологическим признакам приведена на рис. 1. Различают два типа формирования наплавленного металла – свободное и принудительное. В случае применения принудительного формирования можно использовать как стационарные, так и подвижные формирующие устройства – ползуны и кристаллизаторы. Ползуны имеют простую геометрическую форму, чаще всего в виде прямоугольных водоохлаждаемых пластин. К кристаллизаторам относят формирующие устройства развитой формы, как правило, замкнутого сечения. Кристаллизаторы могут быть электрически нейтральными или токоподводящими. В последнем случае необходима мера для их защиты от электроэрозии.

ЭШН можно начинать с «твердого» или «жидкого» стартов. При «твердом» старте электрод закорачивают на изделие или на затравку, в некоторых случаях применяют флюсометаллические смеси или электропроводные

флюсы в твердом состоянии. При использовании «твердого» старта необходимы технологические карманы, в которых происходит расплавление флюса, образование шлаковой ванны и стабилизация электрошлакового процесса. При «жидком» старте процесс начинают с приготовления шлака в отдельной емкости и заливки его в кристаллизатор. Способ позволяет сразу же после заливки шлака вести стабильный электрошлаковый процесс и получать качественное соединение основного и наплавленного металлов с самого начала процесса без применения технологических карманов.

Электроды при ЭШН можно подключать по простой однофазной, бифилярной или трехфазной схемам. В некоторых случаях используют и более сложные электрические схемы подключения электродов.

Электроды могут быть неподвижными, и их расплавление будет идти за счет постоянного подъема шлаковой и металлической ванн. Если же электроды подвижные, то их по мере расплавления непрерывно подают в шлаковую ванну. Возможна также комбинация этих способов.

ЭШН можно классифицировать по виду электродных и присадочных материалов (рис. 2). К электродным материалам, которые могут быть плавящимися или неплавящимися, подводят напряжение от источника питания. Первые подают в шлаковую ванну, где они расплавляются; вторые являются нерасходуемыми и служат для поддержания электрошлакового процесса.

Плавящиеся электроды изготавливают в виде проволок и лент сплошного сечения или порошковых, пластин, прутков, труб и т.д. Неплавящиеся электроды, как правило, изготавливают из меди, графита, вольфрама либо используют различные комбинированные конструкции.

К присадочным материалам напряжение не подводят, и они служат лишь для формирования наплавленного слоя. Присадочные материалы имеют, как правило, ту же форму, что и электродные. Кроме того, при ЭШН нашли применение зернистые и жидкие присадочные материалы. В некоторых случаях используют комбинации различных видов присадочных материалов.

Основные технико-экономические преимущества электрошлаковой наплавки (ЭШН):

- высокая производительность процесса наплавки (десятки и сотни килограммов наплавленного металла в час);
- высокая устойчивость процесса, мало зависящая от рода тока;
- возможность выполнять процесс в широком диапазоне плотностей тока (0,2–300 А/мм²), с одинаковым успехом использовать электродные проволоки диаметром 2,0 мм и электроды большого сечения (до 35 000 мм²);
- возможность производить наплавку сталей и сплавов с повышенной склонностью к образованию трещин;
- возможность использования электродов и присадочного металла различного сечения, компактной и некомпактной формы (проволоки, ленты, трубы, прутки, дробь, стружка и т.д.), а также жидкого присадочного металла;
- более низкий по сравнению с дуговой наплавкой расход электроэнергии и флюса (на 1 кг наплавленного металла);
- возможность регулирования и контроля проплавления;
- широкие пределы варьирования толщины наплавленного слоя, возможность наплавки слоев большой толщины за один проход;
- возможность формирования заданных геометрических размеров наплавленного слоя в процессе наплавки, что позволяет сократить или полностью устранить механическую обработку.

Наплавочные материалы. Флюсы для электрошлаковой наплавки

Роль флюсов в электрошлаковом процессе весьма велика. От них в значительной степени зависит устойчивость электрошлакового процесса, производительность наплавки, качество наплавленного металла. К флюсам для ЭШН предъявляют ряд требований:

- быстрое и легкое наведение шлаковой ванны и устойчивость процесса наплавки в широком диапазоне режимов;
- минимальное гарантирование, но полное проплавление основного металла по всей наплавляемой поверхности;
- хорошие формирующие способности при легкой отделимости шлаковой корки;
- предотвращение пор и горячих трещин, предупреждение образования неметаллических включений в наплавленном металле;
- оптимальную жидкотекучесть для исключения вытекания шлаковой ванны в зазоры между подвижным кристаллизатором (ползуном) и изделием, а также исключение отжатия кристаллизатора от изделия;
- не содержать легко восстанавливаемых оксидов и повышенного количества легирующих компонентов;

■ обеспечение требуемых санитарно-гигиенических условий труда при изготовлении и применении;

■ быть технологичными при изготовлении и не содержать остродефицитных и дорогостоящих компонентов.

По химическому составу флюсы для ЭШН сплавов на основе железа можно разделить на следующие группы: низкремнистые марганцевые (АН-8, АН-8М, АН-22 и др.), оксидно-фторидные (АН-25, АНФ-6, АНФ-7, АН-72, АН-90, 48-ОФ-6 и др.), фторидные (АНФ-1, АНФ-5 и др.)

Основными свойствами шлаков, от которых зависит эффективность электрошлакового процесса, являются электропроводность, вязкость, температура плавления, смачиваемость, жидкотекучесть и стабильность состава при наплавке.

Электропроводность. Для устойчивого протекания электрошлакового процесса электропроводность шлака должна находиться в определенных пределах. При высокой электропроводности возможно появление дуг между электродом и поверхностью шлака, при низкой – электрошлаковый процесс может нарушаться и прекращаться. От значения электропроводности зависит также количество выделяющейся в шлаковой ванне теплоты и, следовательно,

энергоёмкость процесса и величина проплавления основного металла. От электропроводности шлака зависит режим наплавки. При низкой электропроводности необходимо использовать более высокое напряжение. Так, напряжение при ЭШН с использованием флюса АНФ-1 составляет 25–30 В, а флюса АН-8 – 45 В.

Среди оксидно-фторидных и фторидных флюсов наибольшей электропроводностью обладают флюсы АНФ-1, АНФ-5, АНФ-7, наименьшей – АНФ-6. У флюсов АНФ-28, АНФ-29 и АНФ-32 наблюдается резкое увеличение электропроводности при температурах 1700–1800 °С. Флюс АН-25 электропроводен в твердом состоянии, он разработан для возбуждения электрошлакового процесса при «твердом» старте.

Вязкость. Вязкость шлаков, как и электропроводность, определяет интенсивность прохождения физико-химических процессов и технико-экономические показатели электрошлаковой наплавки. По характеру изменения вязкости в зависимости от температуры различают «длинные» и «короткие» шлаки. «Длинные» шлаки отличаются небольшим изменением вязкости при значительном увеличении температуры, «короткие» – значительным изменением вязкости при небольших изменениях температуры.

Рис. 1. Классификация способов ЭШН по технико-технологическим признакам



Электрошлаковая наплавка. Часть I

При использовании «длинных» шлаков можно широко изменять тепловой режим наплавки. При прочих равных условиях чем «короче» шлак, тем толще гарнисаж и хуже качество наплавленной поверхности. Использование очень вязкого шлака может привести к отжиманию формирующих устройств от кромок основного металла. При наплавке в стационарных кристаллизаторах можно использовать «длинные» шлаки, так как вероятность вытекания шлака в них меньше.

Температура плавления. Флюсы переходят из твердого состояния в жидкое и наоборот в некотором интервале температур. Поэтому, когда говорят о температуре плавления флюсов, под плавлением понимают переход из вязкого состояния в жидкотекучее. Флюсы, используемые для ЭШН, как правило, имеют температуру плавления ниже температуры ликвидуса металла, или, в крайнем случае, температуры ликвидуса металла и флюса могут быть одинаковыми. Применение таких флюсов обеспечивает наиболее экономное расходование энергии.

Смачиваемость. Процесс соединения наплаваемого металла с основным будет про-

текать активно только после удаления с поверхности последнего оксидной пленки, которая препятствует образованию металлической связи. Если расплавленный шлак хорошо смачивает окисленную поверхность, то при этом создаются условия для взаимодействия активных компонентов шлака с поверхностью основного металла и очищению ее от оксидов. С повышением температуры электрошлакового процесса поверхностное натяжение шлаков снижается, что улучшает смачивание. Однако при хорошем смачивании шлак не должен обладать высокой адгезией к основному металлу, так как это ведет при наплавке к появлению зашлаковок.

Жидкотекучесть. Этот показатель является функцией температуры плавления, электропроводности и вязкости шлаков. Жидкотекучесть шлака играет важную роль для некоторых технологических схем наплавки. Например, при ЭШН в подвижном кристаллизаторе сложнее предотвращать проливы шлаков повышенной жидкотекучести при перемещении кристаллизатора. Шлаки пониженной жидкотекучести необходимо более сильно перегреть, чтобы при заливке в кристаллизатор при «жидком» старте как можно меньше шлака оставалось в плавильной емкости и на заливочном желобе в виде гарнисажа. При наплавке в токоподводящем кристаллизаторе также применяют «жидкий» старт и необходимо, чтобы шлак достаточно быстро (в

течение нескольких секунд) растекался по периметру кристаллизатора. В противном случае усложняется начало электрошлакового процесса, увеличивается время наведения шлаковой ванны, снижается долговечность кристаллизатора.

Стабильность химического состава флюса имеет важное значение, в основном, при ЭШН в вертикальном или наклонном положениях с использованием формирующих устройств. Известно, что расход флюса в этом случае всего 4–5% от массы наплавленного металла. И если шлаковая ванна в течение длительного времени не обновляется или это обновление незначительно, то химический состав шлака меняется и изменяется химический состав, а также эксплуатационные свойства наплавленного металла. При изменении химического состава шлака может нарушиться стабильность шлакового процесса.

Электродные и присадочные материалы

Электродные проволоки. Для ЭШН можно использовать как сплошные проволоки (ГОСТ 10543–75, ГОСТ 2246–70), так и порошковые (ГОСТ 26101–84). В подавляющем большинстве случаев для ЭШН применяют проволоки диаметром 3,0–5,0 мм.

(Окончание на стр. 31)

Рис. 2. Классификация способов ЭШН по наплавочным материалам



Сварочное производство Германии*

В. Н. Бернадский, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Современная Германия по праву относится к тем передовым странам мира, поступательное развитие экономики которых определяется, прежде всего, технологическим и научным прогрессом базовых отраслей производства, а также участием в процессе глобализации европейской и мировой экономики. Эта тенденция распространяется на сварочное производство ФРГ, значение которого во многом определяет его межотраслевой характер.

Сварочное производство Германии занимает одно из ведущих мест среди аналогичных производств других промышленных стран мира. Для него характерны высокий уровень использования прогрессивных технологий сварки и родственных ей процессов, значительный объем научных исследований и активный трансфер их результатов в массовое производство сварных конструкций и сварочной техники. Исключительное внимание уделяется обеспечению и поддержанию необходимого уровня профессиональной подготовки специалистов различных категорий, сертификации производства и продукции, управлению качеством, а также системе стандартизации сварочной техники, технологий и аттестации персонала.

В организации целенаправленной и эффективной деятельности сварочного производства с учетом общенациональных научно-технических приоритетов важную роль играет Германское общество сварки и родственных технологий (DVS). Специалистами DVS недавно была исследована и дана количественная (стоимостная) оценка фактического вклада сварочной техники и технологий в производство национального продукта. Согласно этому анализу, в рамках общего валового продукта (3 642 млрд. ДМ – 1997 г.) доля непосредственно сварочной техники и технологии составляет 1,5%, т.е. 55 млрд. ДМ. В той части ВВП, которую создает промышленность средств производства, вклад сварочной техники значительно выше и достигает 6,3%, что соответствует 34–36 млрд. ДМ.

Сварочное производство, с одной стороны, – поставщик и потребитель сварочной техники, а с другой, – крупный потребитель стали и другой металлопродукции, являющихся основны-

ми материалами для изготовления сварных изделий, конструкций и сооружений. Сталь сохранит свои позиции и в грядущем столетии. Очень важно и то положение, что объемы и динамика производства конечной продукции сварочного производства (сварных конструкций и изделий), а также мирового и региональных рынков современной сварочной техники четко коррелируются с производством и потреблением стали отдельными странами и их основными металлопотребляющими отраслями промышленности и строительной индустрией.

В 2000 г. ожидается рекордный уровень мирового производства стали, который превысит 800 млн. т, а потребление стали возрастет до 719 млн. т. Производство стали в Германии в 1998 г. составило 44,8 млн. т (около 30% от общего объема ее выпуска в 15 странах ЕС), примерно 6% от общемирового производства. Стабильное состояние и темпы роста рынка стали являются надежным фундаментом для немецких производителей сварных конструкций и сварочной техники, для сварочного производства Германии в целом.

Расширение потребления стали в таких металлопотребляющих отраслях Германии, как производство сварных конструкций и сосудов, мостостроение, судостроение, общее машиностроение, транспорт, изготовление бытовых приборов, идет одновременно со снижением удельного расхода металла на единицу продукции. Этому способствует интенсивная работа металлургов по совершенствованию и созданию новых марок стали, а также по разработке в содружестве со сварщиками ряда новых прогрессивных видов стальной металлопродукции. Большие перспективы открывает увеличение производства и применение высокопрочных, хорошо свариваемых сталей с уменьшением массы при обеспечении их высокой эксплуатационной надежности. Ныне они являются основой нового класса конструкций – легких стальных сварных конструкций.

Производство сварочной техники тесно связано с инвестиционной активностью основных металлопотребляющих отраслей экономики (автомобилестроение, машиностроение, строительство и др.), а также конъюнктурой европейского и мирового сварочных рынков.

Промышленная продукция, определяемая

как «сварочная техника», включает две основные группы: сварочное оборудование и сварочные (присадочные) материалы, данные о производстве которых в 1998 г. (в стоимостном выражении) представлены в табл. 1. Общий объем производства сварочной техники предприятиями Германии в 1998 г. составил 2716 млн. ДМ (более 1600 млн. долл. США по курсу на конец 1998 г.). По сравнению с 1995 г. выпуск сварочной техники в ФРГ возрос на 11,5%, но не достиг своего пика, который приходился на 1991 г.

Необходимо отметить, что номенклатура продукции сварочного оборудования до настоящего времени не включает такую существенную группу современного, высокоавтоматизированного оборудования, как сварочные роботы. В то же время сварочное производство к концу XX века стало основной сферой применения промышленных роботов для сборки, сварки, резки, нанесения покрытий, выполнения неразрушающего контроля и др.

В 1998 г. в Германии парк эксплуатируемых сварочных роботов всех типов превысил 68 000 шт., среди которых доля сварочных и сборочных роботов составляла соответственно 30 и 16%. В этом же году было изготовлено около 9000 промышленных роботов, из которых 40% (3600 шт.) представляли промышленные роботы для сварки и родственных процессов. При средней цене одного промышленного робота 130–132 тыс. ДМ годовая стоимость производства сварочных роботов составила 470–475 млн. ДМ. С учетом выпуска сварочных роботов общая стоимость производства сварочной техники в 1998 г. фактически превысила 3190 млн. ДМ. В общую статистику по сварочной технике, к сожалению, до сих пор не включают данные о производстве и потреблении специализированного оборудования, аппаратуры и расходных материалов для неразрушающего контроля сварных соединений, наплавленных или напыленных слоев и др. В то же время этот смежный со сваркой процесс является неотъемлемым элементом производства сварных конструкций и изделий, определяющим их качество и эксплуатационную надежность.

Сварочное оборудование (см. табл. 1) в стоимостном выражении составляет основную долю в выпуске всей сварочной техники (в 1998 г. примерно 70% от общего объема).

* По материалам журналов «Schweissen und Schneiden», «Stahl und Eisen», «Автоматическая сварка» и др.

Сварочное производство Германии

Рост производства оборудования в значительной степени обусловил увеличение объема продажи оборудования для дуговой и контактной сварки, который в 1998 г. достиг 897 млн. ДМ, или 57% от общей стоимости всего поставленного на рынок оборудования. Наибольший рост отмечен в 1995–1998 гг. в производстве автоматов для дуговой и плазменной сварки.

Нельзя не отметить увеличение объема выпуска оборудования для нанесения покрытий: в 1998 г. сумма выпуска превысила 130 млн. ДМ, что на 16,9% выше, чем в 1995 г. и на 14,5%, чем в 1997 г. Такое положение подтверждает общую конъюнктуру возрастающего спроса на европейском рынке на технологии и оборудование для газотермического нанесения защитных и износостойких покрытий.

Устойчиво положение с производством

оборудования для сварки пластмасс. В 1998 г. его выпустили на сумму более 340 млн. ДМ, что на 16,7% выше, чем в 1997 г., и на 21,1% более, чем в 1995 г. Рост применения пластмасс при изготовлении трубопроводов в транспортном машиностроении и строительстве обеспечивает стабильный спрос на специальные сварочные установки. Немецкая сварочная индустрия серьезно относится к производству запасных и сменных, быстроизнашивающихся деталей и узлов с целью обеспечения ими парка эксплуатируемых машин, установок и аппаратуры для сварки, резки, пайки, нанесения покрытий и других процессов. Доля производства этой продукции составляет 12–14% от общей стоимости выпуска всей сварочной техники, и для нее характерна стабильная динамика роста.

Производство сварочных и присадочных материалов с 1995 по 1998 гг. практически не изменило свои объемы (см. табл. 1). Прирост производства за этот период составил всего 0,3%, отмечено наиболее существенное снижение выпуска покрытых электродов и

сплошных проволок. Тенденция падения спроса внутри страны на сварочные материалы собственного производства была обусловлена во многом сокращением производства сварных строительных конструкций и некоторым падением заказов в машиностроении. Возможно, сказался и резкий рост в 1998 г. импорта сварочных материалов – на 41,7% по сравнению с 1997 г. (табл. 2).

Структура сварочных материалов, выпускаемых немецкими производителями (см. табл. 1), соответствует структуре европейского рынка сварочных материалов, для которой характерна тенденция сокращения объема выпуска покрытых электродов и увеличения выпуска порошковых проволок. В 1998 г. было выпущено покрытых электродов на сумму 72 192 тыс. ДМ, что на 24% меньше, чем в 1997 г. (95 972 тыс. ДМ), и на 23% меньше, чем в 1995 г. (93 808 тыс. ДМ).

Вторая особенность – наращивание объемов производства сварочной порошковой проволоки, которое, начиная с 1976 г., характеризуется умеренным среднегодовым приростом в 2–3%. В 1998 г. выпуск порошковой проволоки оценивался в 46 608 тыс. ДМ, это на 3,2% больше, чем в 1997 г., но на 3,8% ниже пикового уровня 1995 г. Объемы производства в 1998 г. остальных видов сварочных и присадочных материалов сохраняются примерно на одном уровне с предыдущими годами.

Внешняя торговля сварочной техникой имеет большое значение для немецкого сварочного производства. Динамику внешней торговли в последние годы характеризует непрерывный рост ее объемов и активный баланс. В 1998 г. экспорт сварочного оборудования и сварочных материалов достиг 2046 млн. ДМ, что почти на 30% выше уровня 1995 г., и на 17,3% – уровня 1997 г. Импорт соответствующей продукции за этот же период также возрос на 24,5%, но в стоимостном выражении он составил всего 671,4 млн. ДМ, или не более 30% от объема экспорта. Фактически немецкие производители поставили на внешний рынок в 1998 г. сварочную технику, общая стоимость которой составляет до 75% всей выпускаемой продукции. В последние годы возрос до 30% и экспорт сварочных роботов. Цифры убедительно свидетельствуют, что Германия сегодня является ведущим в мире и в Европе экспортером сварочной техники. Внутреннее потребление сварочной техники в 1998 г. (без сварочных роботов) с учетом приведенных объемов экспорта и импорта оценивалось в 1342 млн. ДМ.

Как видно из табл. 2, на первом месте – внешняя торговля электрическими машинами,

Таблица 1. Производство сварочной техники в 1995 и 1998 гг. (тыс. ДМ)

Наименование продукции	1995 г.	1998 г.	95/98, %
1. Оборудование, аппаратура и инструмент для сварки и пайки:			
неэлектрическая аппаратура и инструмент (в т. ч. автогенный)	69 544	40 241	-42,1
электрические установки и инструмент для твердой и мягкой пайки	123 355	159 310	+29,1
автоматы и специальные машины для контактной сварки металлов	340 553	342 822	+0,7
оборудование для контактной сварки металлов	173 169	259 491	+49,8
автоматы для дуговой и плазменной сварки металлов	31 595	84 873	+168,6
оборудование для дуговой и плазменной сварки (включая источники питания)	223 139	209 538	-6,1
оборудование для нанесения покрытий и другое сварочное оборудование	111 504	130 372	+16,9
оборудование для сварки пластмасс и других неметаллических материалов	282 214	341 632	+21,1
Всего по группе 1	1 355 073	1 568 279	+15,7
2. Детали для сварочных машин, аппаратов и устройств, всего	299 263	362 681	+21,2
3. Сварочные и присадочные (расходные) материалы:			
проволоки сварочные, ленты и прутки	191 486	183 571	-4,1
покрытые электроды из углеродистой стали	93 808	72 192	-23,0
порошковые проволоки из углеродистой стали	50 162	48 608	-3,1
прутки и порошковые проволоки для пайки и газовой сварки	114 257	115 082	+0,7
присадочные и расходные материалы для сварки и пайки (флюс, обмазочная масса и пр.)	332 744	365 591	+9,9
Всего по группе 3	782 457	785 044	+0,3
Общий объем производства	2 436 793	2 716 004	+11,5

Электрошлаковая наплавка. Часть I

(Окончание. Начало на стр. 28)

Электродные ленты. Для ЭШН применяют холоднокатаные, порошковые и спеченные ленты. Холоднокатаные ленты из нержавеющей сталей (Св–04Х19Н11М3, Св–10Х16Н25АМ6, Св–03Х15Н35Г7М6, Св–07Х25Н13, Нп–02Х22Н11Г и др.) толщиной 0,4–0,6 мм и шириной 30–100 мм используют для ЭШН деталей химической и нефтехимической промышленности. Принципиально возможно применение ленты и большей ширины.

В практике ЭШН порошковые ленты применяют мало. Это связано с тем, что намного проще получать методом литья или прокатки электроды большого сечения требуемого химического состава, чем изготавливать порошковую ленту на специальных станах.

Спеченную ленту изготавливают методом прокатки и спекания в защитной атмосфере порошкообразных материалов и поставляют в рулонах массой до 50 кг. Толщина ленты 0,8–1,2 мм, ширина от 25 до 100 мм. Одним из основных достоинств спеченных лент является возможность ее изготовления из особо чистых

порошков с минимальным содержанием углерода, что особенно ценно для наплавки аустенитных сталей с высокой стойкостью против межкристаллитной коррозии.

Электроды большого сечения. Условно к электродам большого сечения относят все электродные материалы, размеры которых в сечении превышают 100 мм². В практике ЭШН используют электроды большого сечения из углеродистых низколегированных сталей 34ХНМ, 65Г, 75ГНД, 9Х; инструментальных сталей 3В8Х2 и Х12; высокомарганцевой стали 110Г13Л; хромистых и никель–хромистых чугунов и др. Электроды этого типа могут быть в виде прутков круглого, квадратного или прямоугольного сечения. Изготавливают их литьем в земляные или специальные формы, на машинах непрерывного литья заготовок или прокаткой. При ЭШН цилиндрических изделий, в частности прокатных валков, используют электроды–трубы, отлитые в земляные формы, или на центробежных машинах, а также полученные путем вальцевания металлического листа в трубу.

Зернистый присадочный материал (ЗПМ) самостоятельно поддерживать электрошлаковый процесс не может. По этой причине его всегда используют совместно с расходными или нерасходными электродами.

ЗПМ могут быть получены различными методами: распылением жидкого или твердого металла; дроблением крупных литых частиц или

ферросплавов; резкой на мелкие куски проволоки и т.д. Для ЭШН можно использовать стружку легированных сталей и сплавов. Размеры пластинок стружки должны быть такими, чтобы обеспечивалась их бесперебойная подача и плавление в шлаковой ванне. В практике ЭШН использовали ЗПМ из углеродистых низколегированных сталей 5ХНМ, 9Х; инструментальных сталей Р6М5 и Р3М3Ф2; чугунов; карбидов вольфрама с различными добавками и др.

Жидкий присадочный материал. Практически технология ЭШН жидким присадочным материалом состоит из двух отдельных технологических процессов: получение жидкого металла требуемого химического состава и собственно его наплавка.

Методы получения жидкого присадочного материала могут быть различны: плавка в индукционных или дуговых печах либо накопление металла в футерованных емкостях путем электрошлакового переплава электродного материала. Наиболее перспективен с технической и экономической точек зрения первый метод.

В практике ЭШН использовали жидкий присадочный материал из углеродистой нелегированной стали 60; инструментальных сталей 5ХНМ, 30Х4НМВФ и 45ХНМЮТР; высокоуглеродистых (до 2,5% С) быстрорежущих сталей; высокоуглеродистых сталей 110Х11НМС, 185Х5Н2В4М4Ф4 и 250Х2Н3МФА; нержавеющей сталей типа Х18Н10Т и др. ■ #86

установками, аппаратурой для сварки и пайки (экспорт – 80,7%, 1652 млн. ДМ; импорт – 73,1%, 490 млн. ДМ). Большим спросом на мировом сварочном рынке пользуется немецкое автоматизированное оборудование для дуговой и контактной сварки. В 1998 г. сумма экспортных поставок аппаратуры для автоматической дуговой и плазменной сварки составила 200 млн. ДМ, а автоматизированных машин для контактной сварки было экспортировано на 314 млн. ДМ. Обращает на себя внимание устойчиво высокий импорт в Германию сварочной проволоки, электродов и прутков для сварки и пайки. В 1998 г. немецкие потребители превысили уровень импорта 1997 г. на 41,7% и закупили за рубежом рекордное количество сварочных материалов – на сумму около 95 млн. ДМ. Надо полагать, импорт сварочных материалов в 1998 г. отчасти компенсировал некоторое падение собственного производства сварочных материалов. Незначительное снижение объемов внешней торговли расходными

Таблица 2. Внешняя торговля продукцией сварочной техники в Германии в 1998 г.

Наименование продукции	Экспорт			Импорт		
	Сумма, млн. ДМ	Доля, %	98/97, %	Сумма, млн. ДМ	Доля, %	98/97, %
Оборудование, аппаратура и установки для автогенной обработки	149,5	7,3	+6	43,2	6,4	+12,7
Электрические машины, установки и аппаратура для пайки и сварки	1 652,5	80,7	+21,2	490,5	73,1	+5,1
Проволоки, прутки, электроды для сварки и пайки	127,4	6,3	+5,7	94,4	14,0	+41,7
Расходные материалы, пасты, флюсы и порошки для сварки, покрытий и пайки	117,2	5,7	-1,6	43,3	6,5	-3,7
Всего	2 046,6	100,0	+17,3	671,4	100,0	+8,9

и присадочными материалами (см. табл. 2) принципиального значения для общего оборота внешней торговли не имеет.

В условиях, когда отдельные сегменты внутреннего и внешнего рынка, представляющие металлопотребляющие отрасли производства, сегодня испытывают определенные

инвестиционные трудности, сварочное производство Германии, с одной стороны, усиливает борьбу за заказы, а с другой – всемерно стимулирует исследователей и разработчиков на создание конкурентоспособных высоких сварочных технологий и прогрессивной сварочной техники. ■ #87

Опыт эксплуатации лазерных и плазменных установок для резки на заводах США*

В. А. Потапов, ВИНТИ (Москва)

Как и всякую новую технологию, лазерную резку, а ее уже применяют на американских заводах примерно 20 лет, подвергли за это время значительным усовершенствованиям. С целью увеличения толщины разрезаемого материала и скорости резки новейшие лазерные установки сейчас оснащают лазерами мощностью до 6 кВт. Мощность лазеров типовых установок не превышает 2,3–3 кВт, но и это дает возможность стабильно резать стальные листы толщиной до 19 мм, а в отдельных случаях – до 25,4 мм. Для лазерной резки пластин толщиной до 12,7 мм из коррозионно-стойкой стали применяют закачиваемый под высоким давлением азот.

На типовых лазерных установках оцинкованную листовую низкоуглеродистую сталь толщиной 1,63 мм режут со скоростью 12,7 м/мин, а на лазерных установках последних выпусков эту же сталь, но уже толщиной 2 мм, режут со скоростью свыше 20 м/мин. Кроме того, скорость быстрых перемещений рабочих органов на новых установках достигает 20 м/мин. В результате производительность таких установок при лазерном сверлении листов толщиной 2 мм может достигать 3–4 отверстия в секунду.

Еще одной тенденцией развития лазерных установок является их автоматизация – применение устройств для загрузки крупногабаритных листов, загрузочно-разгрузочных систем, а также башенных накопителей, в которых заготовки сортируют по толщине и типу материала. Управление установками осуществляют обычно от ЧПУ типа СМС, в том числе на базе персональных компьютеров.

В свое время установки для плазменно-дуговой резки имели определенные технологические ограничения по минимальной толщине разрезаемого материала и точности резки. В современных же установках можно осуществлять резку с получением скосов. Повышена сила тока, на которую рассчитаны источники пи-

тания и скорость подъема-опускания плазменных резаков.

Точность лазерной резки достигает 0,1 мм при повторяемости $\pm 0,05$ мм, причем качество реза стабильно высокое, поскольку зависит только от постоянства скорости перемещения лазерного луча, параметры которого остаются постоянными. Более низкая точность (0,25 мм) и повторяемость (0,175 мм) плазменной резки, а также более низкое качество реза обусловлены трудностями поддержания в удовлетворительном состоянии сопел, электродов и т. д.

Лазерные и плазменные установки выполняют в настоящее время, как правило, с подвижным порталом, так что они схожи теперь между собой не только внешне, но и по компоновке – содержат стол, на котором устанавливаются листовые заготовки, подвижный портал с режущей головкой и УЧПУ для управления перемещением этой головки по заготовке, причем некоторые установки оснащают двумя головками. Однако это рационально только для резки небольших деталей. При резке крупных деталей или таких, где основным требованием является точность формы вырезаемых деталей, такая компоновка неэффективна.

Сравнение скоростей лазерной и плазменной резки различных сталей и алюминия, обеспечивающих достаточно высокое качество реза, приведено в табл. 1. Лазерную резку холодно- и горячекатаной стали производят лазером мощностью 3 кВт, используя в качестве вспомогательного газа кислород.

Если не указано другое значение, то подаваемый на электрод ток составляет 120 А.

Немаловажным фактором для резки является прошивка первоначального отверстия. У некоторых лазерных установок имеется возможность с помощью процесса так называемой летающей прошивки в холоднокатаной стали толщиной 2 мм получать до 4 отверстий в секунду. Выполнение одного отверстия в более толстых (до 19,1 мм) листах из горячекатаной стали осуществляют с помощью силовой прошивки примерно за 2 с. Применение этих

методов позволяет увеличить производительность лазерной резки до уровня, достигаемого на вырубных прессах с ЧПУ. Что касается прецизионной плазменной резки, то применение высокоскоростных подъемников для горелок и более быстродействующих УЧПУ с усовершенствованным программным обеспечением позволило довести время прошивки одного отверстия в тонколистовой холоднокатаной стали с 5 до 2 с.

По мнению многих специалистов, качество деталей, полученных при лазерной резке, выше, чем при плазменной. При лазерной резке на тонколистовом материале не остается окалины и, если позволяет мощность лазера, практически реальным становится резка плит толщиной 19,1–25,4 мм. Кромки реза у листов толщиной 6,25 мм и меньше остаются гладки-

Таблица 1. Скорость лазерной и плазменной резки

Разрезаемый материал	Толщина, мм	Скорость резки, м/мин	
		лазерной	плазменной
Холоднокатаная сталь	0,9	10	3,5 (30 А)
	1,52	7,5	5,0
	3,1	4,2	3,2
	4,7	3,2	2,0
Горячекатаная сталь	6,25	2,5	3,5
	9,4	1,6	2,5
	12,7	1,2	2,0
	15,9	0,9	1,5
	19,1	0,75	1,12
Коррозионно-стойкая сталь	0,9	10	3,0
	1,5	7,5	2,5
	3,4	3,75	2,25
	4,7	2,25	2,0
	6,25	1,4	1,5
	9,4	0,5	1,12
	12,7	0,25	1,0
Алюминий	0,9	8,75	3,0
	1,5	6,25	2,5
	3,4	2,4	2,25
	4,7	1,4	2,0
	6,25	0,9	1,5
	9,4	0,45	1,12
	12,7	–	1,0

* Инструмент Технология Оборудование (ИТО) – №1(18), 2000 – С. 4.

ми и прямолинейными, а у листов большей толщины кромки имеют некоторые отклонения со скосом примерно 0,5°. Диаметры отверстий, просверленных лазером, в нижней части больше, чем в верхней, но сами отверстия остаются круглыми и имеют хорошее качество. Получение отверстий диаметром в половину толщины просверливаемого материала возможно в стали толщиной до 12,7 мм, а диаметром в целую толщину – лишь при условии максимальной мощности лазера.

Качество деталей, полученных плазменной резкой, безусловно улучшается по мере совершенствования этого процесса, хотя все еще существуют определенные трудности при получении круглых отверстий с ограниченной конусностью до диаметра, меньше половины толщины обрабатываемого материала. Однако во многих случаях такие отверстия вполне приемлемы для дальнейшей обработки. Чаще всего на этих деталях окалина в целом отсутствует, а в переходных точках и зонах, где меняется направление движения плазменной головки, она легко удаляется. Сравнительные параметры качества лазерной и плазменной резки приведены в табл. 2.

При сравнении стоимости эксплуатации установок для лазерной резки холоднокатаной стали, оснащенных CO₂-лазером мощностью 3 кВт, и установок для плазменной резки, рассчитанных на силу тока 120 А, следует учитывать ряд одинаковых или аналогичных параметров, существующих при работе этих установок и влияющих на эксплуатационные расходы. Это относится, в частности, к стоимости электроэнергии и вспомогательных газов, а также расходуемых материалов.

Другие параметры, например количество просверливаемых отверстий на одной детали, оказывают влияние на часовую стоимость эксплуатации прецизионной плазменной установки в большей степени, чем на тот же показатель лазерной, поскольку расходуемые компоненты (сопла и электроды) рассчитаны на определенное количество стартов или прошивок. Чем больше отверстий требуется прошивать в детали для ее резки, тем выше стоимость часа работы плазменной установки.

В табл. 3 приведена стоимость резки различных материалов при одинаковых условиях.

В качестве основных газов при лазерной резке используют гелий, азот, углекислый газ, а вспомогательных – кислород (при резке углеродистой стали) или азот (при резке коррозионно-стойкой стали и алюминия).

(Окончание на стр. 36)

Таблица 2. Параметры качества лазерной и плазменной резки

Параметр	Резка	
	лазерная	плазменная
Окалина	Обычно отсутствует	Обычно имеется (небольшая)
Конусность, ...°	Менее 1	Около 3
Получаемые отверстия	Круглые и чистые	Круглые при толщине материала до 6,25 мм, но эллиптические в более толстых материалах
Размеры деталей	Возможно получение совсем небольших деталей	Лучше всего подходит для деталей средних размеров
Ширина реза, мм	0,2–0,375	0,5–0,75
Прижоги	Незаметны	Присутствуют на острых наружных кромках деталей
Тепловое воздействие	Очень мало	Не намного больше, чем при лазерной резке
Возможность резки неметаллических материалов	Имеется	Отсутствует

Таблица 3. Стоимость резки стали и алюминия

Материал	Толщина, мм	Стоимость резки, долл. США			
		лазерной		плазменной	
		в час	1 м	в час	1 м
Холоднокатаная сталь	6,25	7,55	0,073	23,21	0,162
	9,4	7,55	0,112	24,22	0,238
	12,7	7,55	0,155	25,65	0,317
	19,1	7,55	0,248	26,13	0,574
Коррозионно-стойкая сталь	1,52	13,57	0,043	31,42	0,310
	4,7	20,29	0,221	27,85	0,343
	6,25	28,87	0,518	28,95	0,475
	9,4	34,99	1,749	33,20	0,729
Алюминий	1,52	10,92	0,043	31,42	0,310
	4,7	19,10	0,343	27,85	0,343
	6,25	19,10	0,525	28,95	0,475
	9,4	26,99	1,482	33,20	0,729

Таблица 4. Стоимость резки одного метра листовой стали

Параметры	Резка стали							
	холоднокатаной толщиной 1,52 мм				горячекатаной толщиной 6,52 мм			
	лазерная		плазменная		лазерная		плазменная	
	1-сменная	3-сменная	1-сменная	3-сменная	1-сменная	3-сменная	1-сменная	3-сменная
Часовая стоимость установки, долл. США	56,98	18,96	22,75	7,58	56,98	18,96	22,75	7,58
Часовая стоимость расходуемых компонентов, долл. США	8,19	8,19	20,51	20,51	7,55	7,55	23,21	23,21
Накладные расходы, долл. США/ч	35,0	30,0	35,0	30,0	35,0	30,0	35,0	30,0
Итого, долл. США/ч	100,17	57,15	78,26	58,09	99,53	56,51	80,96	60,79
Общая длина резки, выполненной в течение часа (при рабочем цикле 66%)	300,0	200,0	300,0	200,0	200,0	100,0	154	154
Стоимость 1 м резки, долл. США	0,33	0,39	0,19	0,28	0,98	0,55	0,57	0,43

Опыт проектирования систем вентиляции сварочных производств

Т. В. Магдейчук, С. Д. Скороход, ЗАО «Гипросельмаш» (Киев)

ЗАО «Гипросельмаш» – головной в Украине институт по проектированию заводов сельскохозяйственного и продовольственного машиностроения, отметил в 1999 году свой 60-летний юбилей. За эти годы по проектам института «Гипросельмаш» построено и реконструировано более 2000 предприятий в Украине, республиках бывшего Союза, странах дальнего зарубежья. На этих заводах выпускают почти все виды сельхозмашин для обработки почвы, сбора и переработки зерновых культур, кормовых трав, кукурузы, сахарного тростника, картофеля, свеклы. Построены и выпускают продукцию специализированные цеха по выпуску калиброванных цепей кормораздаточных транспортеров, гидроцилиндров для погрузчиков, цеха строительных металлоконструкций. Доверие заказчиков к «Гипросельмашу» основано, в первую очередь, на том, что в проектах решаются комплексно вопросы технологии, энергоснабжения, строительства, техники безопасности работающих и охраны окружающей среды. Одним из ведущих и трудоемких технологических процессов этого комплекса является сварка.

Производственный процесс изготовления сварных конструкций отличается значительной сложностью и комплексностью, так как включает все стадии производства и относящиеся к ним различные по назначению и роли процессы: заготовительные (раскрой, резка и гибка металла, штамповка), металлообрабатывающие, термическую обработку, сборочно-сварочные (сборка под сварку, сварка деталей, узлов и конструкций в целом), отделочные (зачистка от брызг, правка, грунтовка, окраска). Большое значение имеют также операции вспомогательных процессов: доставка заготовок и деталей на сварочные участки, их складирование, транспортирование сварных узлов на участки для последующих операций. Фактором, определяющим качество сварных конструкций, является состояние сварочного оборудования, технологической оснастки и инструмента, сварочных материалов.

Все перечисленные технологические операции, а также многие другие данные, опреде-

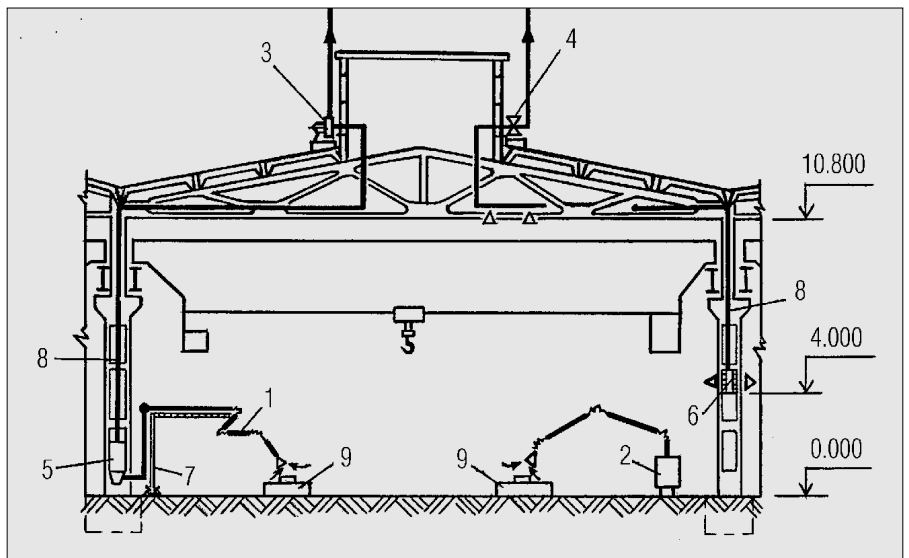


Рисунок. Принципиальная схема вентиляции участка изготовления сварных узлов в корпусе №11 ОАО «Херсонские комбайны»: 1 - местное вытяжное устройство с радиусом действия от 3 до 8 м; 2 - фильтрвентиляционный передвижной агрегат; 3 - центробежный вентилятор местной вытяжной вентиляции; 4 - осевой вентилятор; 5 - электростатический фильтр местной вытяжной вентиляции; 6 - воздухораспределитель при точной вентиляции; 7 - стойка для крепления местного вытяжного устройства; 8 - воздуховод; 9 - приспособление для сборки и сварки узлов

ляющие индивидуальные особенности сварных конструкций (программа выпуска, виды сварки, масса, материал и размеры свариваемых деталей), находят свое отражение в маршрутных технологических процессах, которые ложатся в основу любого проекта сварочного производства. Пооперационное нормирование маршрутных технологических процессов, разрабатываемых, как правило, специалистами-технологами «Гипросельмаша», позволяет определить трудоемкость изготовления всех сборочно-сварочных и сопутствующих операций, состав и количество всех видов оборудования, численность работающих всех категорий, необходимую площадь участка (цеха), потребные энергоносители и их расход, виды сварочных материалов и их годовую потребность. Эти исходные данные служат основой для разработки компоновки корпуса, где должны быть размещены все необходимые производственные участки (цеха) и вспомогательные службы (кладовые сварочных материалов, приспособлений и инструмента, сва-

рочная лаборатория, ремонтные службы, службы ОТК, бытовые помещения). Все укрупненные расчеты и компоновки, выполняемые, как правило, на стадии ТЭО инвестиций, после согласования с заказчиком позволяют технологом начать работу со смежными отделами и решать вопросы механизации и автоматизации основных и транспортных операций, обеспечения сварочных участков и цехов электроэнергией, водой, сжатым воздухом, углекислым газом, а при необходимости и другими газами, отоплением и вентиляцией, противопожарной безопасности. Начиная со стадии проекта ТЭО инвестиций и на всех последующих стадиях, одновременно разрабатывают и согласовывают со всеми заинтересованными организациями проект охраны окружающей среды, где также комплексно решают вопросы охраны почвы, воздуха, водных пространств и, в первую очередь, людей от вредного воздействия сварочного производства.

Обеспечение в сборочно-сварочных цехах и на участках сварки требуемой чистоты воздуш-

ной среды представляет собой сложную санитарно-техническую проблему. Анализ количественного и качественного состава сварочных аэрозолей, особенностей их образования и распространения в производственных помещениях показывает, что радикальное решение этой проблемы не может базироваться на использовании одной лишь общеобменной вентиляции. Ее эффективность по снижению содержания вредных веществ в зоне дыхания рабочих до норм ПДК чрезвычайно мала.

По некоторым данным, при отсутствии эффективной местной вентиляции концентрация сварочных аэрозолей под маской сварщика может достигать 20–60 мг/м³ при среднем значении ПДК 4 мг/м³, а концентрация марганца и его окислов – 0,4–2,6 мг/м³ при ПДК 0,2 мг/м³.

Как «Гипросельмаш» решает комплексные вопросы проектирования и, в частности, проектирования вентиляции, можно увидеть на примере АО «Херсонские комбайны», для которого в 1998–1999 гг. был разработан рабочий проект участка изготовления крупногабаритных сварных узлов зерноуборочного комбайна КЗС–9М «Славутич» и кукурузоуборочного комбайна КСКУ–6.

Особенностью проекта, основные технологические решения которого разработаны совместно специалистами завода и института «Гипросельмаш» было то, что в первоначальном варианте размещения сварочного оборудования и оснастки предполагалась их привязка к существующим в пролете цеха подземным вентиляционным каналам и панелям равномерного всасывания. Однако использование энергоемкой, неэффективной, сложной в обслуживании вентиляционной системы для сварки узлов, имеющих объемные пространственные конструкции и габаритные размеры до 4500 мм, было сразу же поставлено под сомнение специалистами института. Расчеты, проведенные специалистами «Гипросельмаша», подтвердили сомнения, и была предложена организация воздухообмена на участке с использованием вентиляционного оборудования фирмы «Плимовент» (Швеция). В расчетах использовали данные по видам и количеству применяемого на участке сварочного оборудования, в том числе полуавтоматам для дуговой сварки в углекислом газе (18 ед.), машинам контактной точечной сварки подвесным (6 ед.) и стационарным (6 ед.), машинам для контактной стыковой сварки оплавлением (1 ед.). Оборудование универсальное, отечественного производства. Сборка под сварку и сварка узлов производится в технологической оснастке на

столах сварщика, в стационарных приспособлениях, в приспособлениях, установленных на кантователи, разработанных службами завода. Общая площадь сварочного участка составляет 2448 м² при ширине пролета 24 м и длине 102 м. Высота пролета 12 м.

В расчетах по первому варианту рассматривали традиционное решение: максимальное использование существующих местных отсосов конструкции Одесского СПКИ (аналог панелей равномерного всасывания) и существующих подпольных вентиляционных каналов.

При средних размерах стационарных сборочно-сварочных приспособлений 2,5 × 2,0 м, принятых для укрупненного расчета, объем местной вытяжки L_{МО} от одного поста полуавтоматической сварки в среде CO₂ составит 10 000 м³/ч. Общее количество таких сварочных постов 26 шт., при этом один полуавтомат

обслуживает от 1 до 3 стационарных приспособлений, каждое из которых оборудовано местным отсосом–панелью.

Воздухообмен местной вентиляции от постов сварки в CO₂

$$L_{MO} = 26 \times 10\,000 \text{ м}^3/\text{ч} = 260\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Воздухообмен местной вентиляции от машин и постов контактной сварки (13 ед.) при удельном объеме удаляемого воздуха от одной машины 380 м³/ч составляет 15 × 380 = 5000 м³/ч (воронки пристраиваемые).

Общий расход удаляемого воздуха на участке

$$L_{MO1} = 260\,000 + 5000 = 265\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Дополнительно к местной вентиляции в соответствии с п. 4.5.8. СНиП 2.04.05–91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» предусматривается удаление воздуха из верхней зоны системой общеобменной вентиляции в объеме 6 м³/ч на 1 м² помещения.

Таблица. Техничко-экономические показатели использования вентиляционных систем

Показатель	Стоимость, долл. США		
	1-й вариант (традиционные решения)	2-й вариант (оборудование фирмы «Плимовент»)	3-й вариант (оборудование фирмы «Экоюрис-Венто»)
<i>Капитальные расходы</i>			
Оборудование приточных и вытяжных систем (вентиляторы и кондиционеры)	55 000	5000	5000
Изготовление и монтаж воздухопроводов	30 000	4500	4500
Электрофильтры:			
MFA-01-H2-V2 (13 шт.)	400 000	–	–
EF-5000 (7 шт.)	–	84 000	–
ФЭС-3000К (14 шт.)	–	–	58 300
Местные отсосы:			
типа УК и FM	Существенные	62500	–
типа ГРУМ и ЛИАНА	–	–	8500
Электрооборудование и монтаж систем электроснабжения и автоматизации вентиляционной системы	10 000	3000	3000
Фильтровентиляционные агрегаты:			
Е МК-1400/3 (8 шт.)	–	64 000	–
ФВА-1000 УК (8 шт.)	–	–	29 000
Устройство вентиляционных площадок размером 6х24 м (2 шт.) под кондиционеры КТЦЗ-80 (4 шт.)	43 000	–	–
Монтаж вентиляционного оборудования	40 000	15 000	7200
Итого	578 000	238 000	115 500
<i>Эксплуатационные расходы</i>			
Стоимость тепловой энергии на нагрев приточного воздуха (А ¹)	31 300	8220	8220
Стоимость электроэнергии на перемещение вытяжного и приточного воздуха (А ²)	30450	7720	7720
Итого	62 870	15 940	15 940

Опыт эксплуатации лазерных и плазменных установок для резки на заводах США

(Окончание. Начало на стр. 33)

Энергетические расходы включают расходы на электроэнергию для самой установки, лазера и охлаждающего устройства, а к числу расходующихся компонентов относят внутреннюю и внешнюю оптику, линзы, сопла, фильтры, вакуумный насос и турбинное масло.

При плазменной резке углеродистой стали применяют кислород, а коррозионно-стойкой стали и алюминия – смесь азота с пропаном. К энергетическим расходам этого способа относят расходы на электроэнергию для создания плазмы и для питания самой установки. Расхо-

дуемые компоненты – сопло, электрод, рассеивающее кольцо, крышки, керамическая направляющая и экран.

Очевидно, эксплуатационные расходы во многом зависят от типа применяемого оборудования, и приведенные выше данные при сравнении двух способов можно рассматривать лишь как ориентировочные. В целом же, исходя из стоимости затрат на расходующиеся компоненты, можно считать, что лазерная резка эффективнее плазменной для более тонких листовых материалов, а плазменная – для более толстых (типа плит).

Установка для прецизионной плазменной резки дешевле, чем для лазерной. В среднем такая установка с одним столом, рассчитанным на заготовки размерами до 1,5х3 м и ток 100–120 А, стоит примерно 150–230 тыс. долл. США. Даже если к ней добавить второй сменный стол и учесть накладные расходы, то средняя цена этой установки составит около 200 тыс. долл. США. В то же время стоимость установки для лазерной

резки с двумя столами, оснащенной лазером мощностью 3 кВт с летучей оптикой, достигает 475–525 тыс. долл. США.

На основании этого можно определить издержки при амортизации каждой установки, которые включают ежемесячные платежи, стоимость расходующихся компонентов, накладные расходы, изменяющиеся в зависимости от производительности этих установок. Итоговые данные приведены в *табл. 4*.

Очевидно, что дороже всего обходится лазерная резка горячекатаной стали толщиной 6,25 мм в одну смену, а дешевле всего – односменная плазменная резка холоднокатаной толщиной 1,52 мм. Эти данные согласуются и с часовой стоимостью оборудования. Сравнительная стоимость лазерных установок выше стоимости плазменных как при односменной, так и при трехсменной работе. В то же время в целом лазерная резка значительно дешевле плазменной, исключение составляет резка толстолистовой стали. ■ #88

Опыт проектирования систем вентиляции сварочных производств

При площади участка $F = 2448 \text{ м}^2$ объем общеобменной вентиляции

$$L_{\text{Об1}} = F \times 6 = 2448 \times 6 = 15\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Требуемый воздухообмен по первому варианту

$$L_{\text{Пр1}} = L_{\text{М01}} + L_{\text{Об1}} = 265\,000 + 15\,000 = 280\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем помещения участка

$$V_{\text{Уч}} = Fh = 2448 \times 12 = 30\,000 \text{ м}^3.$$

Кратность воздухообмена

$$n_1 = \frac{L_{\text{Пр1}}}{V_{\text{Уч}}} = \frac{280\,000}{30\,000} = 9,3.$$

В расчетах по второму варианту рассматривали использование местных вытяжных систем конструкции фирмы «Плимовент».

В соответствии с технологической планировкой были выбраны вытяжные вентиляционные системы с применением консольно-поворотных кранов типа УК (17 ед.) для 26 сварочных постов и передвижных фильтровентиляционных агрегатов типа ЕМК (8 ед.) для машин контактной сварки с 100%-ой рециркуляцией отсасываемого воздуха. Расход удаляемого воздуха от одного местного отсоса фирмы «Плимовент» составляет $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Общий расход воздуха вытяжки от постов контактной сварки, не оборудованных агрегатами типа ЕМК,

$$L_{\text{М0}} = 17 \times 1000 + 4700 = 21\,700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для притока воздуха используют существующие системы, общая производительность которых $L_{\text{Пр2}} = 73\,500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расход воздуха общеобменной вытяжки из верхней зоны

$$L_{\text{Об2}} = L_{\text{Пр2}} - L_{\text{М02}} = 73\,500 - 21\,700 = 51\,800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Кратность воздухообмена

$$n_2 = \frac{L_{\text{Пр2}}}{V_{\text{Уч}}} = \frac{73\,500}{30\,000} = 2,45.$$

В обоих вариантах предусмотрена очистка вентиляционных выбросов от сварочных аэрозолей в электрофильтрах.

Уже после разработки проекта Гипросельмаш получил информацию об оборудовании фирмы «Экоюрус-Венто» (С.-Петербург), которое по техническим характеристикам аналогично оборудованию «Плимовент», но более дешевое. Заводу оперативно была предоставлена информация об этом оборудовании. В таблице приведены данные варианта 3, когда оборудование фирмы «Плимовент» было заменено оборудованием фирмы «Экоюрус-Венто»: местные отсосы «Грум» и «Лиана», электростатические фильтры ФЭС-300К, фильтровентиляционные агрегаты ФВА-1000УК.

Годовой экономический эффект от внедре-

ния второго и третьего вариантов по сравнению с первым вариантом

$$W_2 = W_3 = (A_1^I + A_1^3) - (A_{2,3}^I + A_{2,3}^3) = (31\,300 + 30\,450) - (8220 + 7720) = 45\,810 \text{ долл. США}.$$

Срок окупаемости экономических систем вентиляции с использованием местных отсосов и электростатических фильтров: по второму варианту – 4,7 года, а по третьему варианту – 2,2 года.

Анализ технико-экономических показателей (таблица) всех вариантов подтвердил целесообразность применения местных отсосов фирмы «Плимовент» или «Экоюрус-Венто» по нескольким показателям:

- эффективность улавливания сварочного аэрозоля отсосами этих фирм не менее 75%, в то время как у существующих – не более 40–50%;
- капитальные и эксплуатационные затраты при использовании отсосов этих фирм намного ниже чем при использовании традиционных местных отсосов;
- применение отсосов этих фирм позволяет практически отказаться от подпольных каналов, что не только уменьшает капитальные затраты и снижает трудоемкость монтажных работ, но в перспективе обеспечивает возможность технологической перепланировки участка без существенного изменения систем вытяжной местной вентиляции.

■ #89

Фильтровентиляционный агрегат «Шмель-1500»

Н. И. Ильинский, инж. (Одесса), О. Г. Левченко, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Современные фильтровентиляционные агрегаты (ФВА), применяемые в сварочном производстве, позволяют решать гигиенические, экологические, а также экономические проблемы (см. «Сварщик», 1999, №4). Одной из основных эксплуатационных характеристик таких ФВА является срок службы применяемых в них для очистки воздуха фильтрующих элементов, а следовательно – периодичность их очистки и замены. Кроме того, немаловажным является удобство и легкость управления устройством улавливания вредных веществ при его установке на минимальном расстоянии от сварочной дуги. Именно они должны обеспечивать такие условия труда, при которых сварщик может в первую очередь заботиться о качестве сварки, а не об управлении и обслуживании ФВА. Поэтому проблема создания для сварщиков удобной в эксплуатации конструкции ФВА с фильтром, имеющим повышенный срок службы, остается актуальной.

Предлагаемая новая разработка ФВА «Шмель-1500» позволяет в значительной мере избежать многих типичных недостатков, присущих известным аналогам. Одной из немаловажных особенностей нового ФВА является то, что его конструкция представляет собой блочную систему, облегчающую его техническое обслуживание и замену фильтра без специального инструмента. «Шмель-1500», как и аналогичные ФВА, состоит из вентиляционного агрегата со сменным фильтром, воздуховода и тележки (рама на колесах). Дополнительно он оборудован новым устройством балансировки воздуховода – пантографом с противовесом и гидравлическим амортизатором (рисунок).

В корпусе вентиляционного агрегата на днище смонтирован побудитель тяги в виде крыльчатки, закрепленной на электродвигателе. Здесь же предусмотрены лопасти спрямителя потока воздуха. В верхней крышке на полукольце с помощью зубцов и фиксатора крепится сменный фильтр специальной конструкции с многократно увеличенной фильтрующей поверхностью по сравнению с аналогами. В нем в качестве фильтрующего материала используют многослойный синтетический полипропиленовый материал марки НФП 50-0,6А отечественного производства. Герметизацию фильтра осуществляют путем вдвигания крышки с устрой-

Техническая характеристика фильтровентиляционного агрегата «Шмель-1500»:

Степень очистки воздуха, %	..98
Потребляемая мощность, кВт	..2,2
Разрежение на входе в воздуховод, Па	..2500
Производительность удаления воздуха, м ³ /ч	..1500
Напряжение питания, В (трехфазное)	..380
Площадь рабочей поверхности фильтрующего элемента, м ²	..10
Радиус обслуживания, м, не более	..3,0
Масса, кг, не более	..65
Габаритные размеры (без воздуховода и колес), мм	..820×650×650

ФВА «Шмель-1500» обеспечивает:

- легкую и быструю установку воздухозаборного устройства в требуемом положении в процессе выполнения сварочных работ;
- удобство при замене фильтров и техническом обслуживании;
- повышенный срок использования сменного фильтрующего элемента;
- улучшенный обзор зоны сварки;
- пониженный уровень шума электродвигателя вентилятора;
- высокий ресурс агрегата;
- эффективное улавливание сварочного аэрозоля и высокую степень очистки воздуха.



ством сепарации частиц внутрь корпуса с помощью ручки. Днище и верхнюю крышку крепят к корпусу агрегата хомутами. На верхней крышке имеется входной патрубок, к которому хомутами крепят гибкий воздуховод. На корпусе смонтирован пульт управления. Тележка, в центре которой установлен корпус агрегата, состоит из двух осей на колесах.

Воздуховод изготавливают по собственной технологии из гибких круглых участков шланга диаметром 160 мм из огнестойкой ткани и прямолинейных участков цилиндрических тонкостенных труб, которые соединяют между собой хомутами. Воздухозаборник воздуховода с помощью специального устройства можно поворачивать в любой плоскости на угол не менее 160° и надежно фиксировать в заданном положении.

Система пантографа с противовесом и гидравлическим амортизатором обеспечивает легкое перемещение воздуховода в вертикальной плоскости. Конструкция агрегата позволяет быстро и легко устанавливать воздухоприемник в требуемом положении, что очень важно для сварщика.

При работе агрегата на входе в воздуховод с

помощью вентилятора создается разрежение, выделяющийся сварочный аэрозоль (СА) улавливается воздухозаборником, установленным (с помощью пантографа) на минимальном расстоянии от источника образования СА. Загрязненный воздух через воздуховод и патрубок на крышке корпуса поступает внутрь сепаратора, где более крупные частицы аэрозоля отделяются от воздуха и осаждаются на дне корпуса фильтра. Далее поток воздуха с остальной частью СА направляется на перфорированный фильтрующий элемент, где очищается, проходит через спрямляющее устройство и выбрасывается наружу (обратно в сварочный цех).

Результаты производственных испытаний ФВА «Шмель-1500» показали, что при ручной дуговой сварке с применением электродов АНО-4 диаметром 4 мм и полуавтоматической в углекислом газе проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм в сварочных цехах обеспечивается содержание вредных веществ в зоне дыхания сварщика ниже предельно допустимых концентраций. Срок службы фильтра при восьмичасовой рабочей смене составляет не менее 5 мес. ■ #90

Технология ремонта машин, механизмов, оборудования (Ремонт-2000)

8-я Международная научно-техническая конференция,
6-8 июня 2000 года (Ялта)

В. В. Андреев, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Вопросы разработки и реализации новых ресурсо- и энергосберегающих технологий ремонта различных машин и механизмов промышленного назначения стали предметом обсуждения на конференции, проходившей под эгидой Ассоциации технологов – машиностроителей Украины, а также при содействии и поддержке ведущих академических и отраслевых институтов, вузов и предприятий Украины, России, Беларуси.

В работе конференции приняли участие научные организации и промышленные предприятия Украины, России, Беларуси, Молдовы, Азербайджана, Югославии. Было представлено около 100 докладов и сообщений по следующим основным тематическим направлениям:

- организация технического обслуживания и ремонта машин, оборудования, управление ремонтным производством;
- упрочняющие технологии;
- механическая обработка упрочненных и восстановленных деталей;
- качество и надежность восстановленных деталей;
- метрологическое обеспечение ремонтного производства;
- промышленная экологичность изделий, экология ремонтно-восстановительных работ.

Проведение конференций с подобной тематической направленностью и специализацией уже становится традицией. Как и на предыдущей конференции, состоявшейся в мае 1999 г., основное внимание в докладах и сообщениях было сконцентрировано на современных аспектах технологий нанесения упрочняющих покрытий при восстановлении деталей машин и механизмов.

ВНИИЖТ (Москва) разработал технологию ремонта и упрочнения элементов тележек вагонов и рельсов методом газопорошковой наплавки с использованием в качестве горючего ацетилен или пропана в смеси с кислородом. Для упрочнения используют наплавочный материал

марки «Термо-50» на основе никеля. При восстановлении поврежденных участков рельсов (длиной до 180 мм и глубиной до 8 мм) применяют самофлюсующийся порошковый материал марки ПГ-Ж14 на основе железа. Ремонт выполняют в течение 30–40 мин, не вызывая задержки в движении поездов. Широко применяют на практике разработанную в этом же институте технологию восстановления элементов вагонных и локомотивных осей электродуговой металлизацией. Во ВНИИЖТе продолжают также работы по созданию семейства наплавочных материалов, обеспечивающих получение наплавленного металла с заданными свойствами и высокой износостойкостью. Так, металл, наплавленный на литую сталь покрытыми электродами и содержащий (в %) до 0,9 Si, 2,5 Mn, 0,6 Cr и 0,08 V, показал четырехкратное увеличение износостойкости в условиях трения качения.

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля и Институт проблем прочности НАН Украины совместно с киевским Институтом Военно-воздушных Сил Украины и криворожским ПКФ «Укркомплект» представили работу, в которой предложены новые подходы к поверхностной закалке крупногабаритных деталей сложной формы. Поскольку изношенные детали отличаются неравномерностью локального износа, предлагают применять метод восстановления по эпюре износа без припусков на финишную механическую обработку. Метод реализуют электроискровым нанесением дискретных покрытий переменной толщины.

Специалисты Южной академии повышения квалификации кадров из Николаева проводят интересные исследования особенностей электрогидроимпульсной обработки (ЭГИО) как метода поверхностного упрочнения. Как известно, суть ЭГИО заключается в использовании высоковольтного разряда в жидкости. На обрабатываемый материал воздействует высокое импульсное давление (до 10 ГПа), мощный тепловой поток (10^9 – 10^{10} Вт/м²) при напряжен-

ности магнитного поля, достигающей в импульсе 200 кА/м. В экспериментах с использованием ЭГИО в диапазоне режимов с напряжением 5–50 кВ и энергией импульса 1–11 кДж наблюдается упрочнение широкого класса материалов, степень которого зависит от их химического состава. Например, микротвердость углеродистых сталей (20,45,У8) повышается в 2,5–3,5 раза, низколегированной стали 40Х – в 3,0–4,0 раза, среднелегированной стали 18Х2Н4ВА – в 2,5 раза, высоколегированной стали 14Х17Н2 – в 1,5 раза. Износостойкость стали после ЭГИО в зависимости от ее марки увеличивается от 1,3 до 3,0 раз.

НИИ порошковой металлургии совместно с Институтом надежности машин НАН Беларуси разработали способ повышения долговечности рабочих органов сельхозмашин наплавкой износостойких покрытий на основе Fe–Cr–B–Si – сплавов. Предложен и опробован состав порошкового материала на железной и никелевой основе и метод нанесения его на изнашиваемую деталь. Сущность метода состоит в том, что наплавку производят путем погружения разогретой заготовки в порошкообразную шихту. По сравнению с покрытиями из порошка ПГ–УС25 износостойкость зубьев почвообрабатывающего агрегата, наплавленных новым составом, увеличилась в 1,5–2 раза.

Оригинальный плазмотрон для нанесения покрытий с высоким ресурсом разработали специалисты Донбасского горно-металлургического института из Алчевска. Обычно применяемые для напыления плазмотроны содержат термохимический катод и анод с узлом подачи порошка из напыляемого материала. Ресурс работы катода такого плазмотрона при токах до 400 А составляет несколько десятков часов. Предлагаемый плазмотрон ПЛ–8 состоит из полых медных катода и анода, разделенных камерой плазмообразующего газа. Для увеличения ресурса работы катода применен принцип расщепления дуги. Чтобы исключить слу-

чайный характер процесса расщепления дуги в гладком цилиндрическом электроде, на внутренней поверхности катода и анода сделана винтовая нарезка. В результате увеличивается интенсивность турбулентных пульсаций газового потока и создаются условия для шунтирования дуги за каждым уступом винта. Ввиду малых размеров разрядного канала расщепленная дуга переходит в диффузную привязку по всей его длине, характеризующейся малой плотностью тока и высокой напряженностью электрического поля. При расходе газа 0,2–1,5 г/с, максимальном токе 300 А, напряжении 200 В производительность плазмотрона ПЛ–8 по напылению составляет от 3 до 10 кг/ч.

Представитель киевского предприятия СП ТМ «ВелдТек» проинформировал участников конференции о состоянии дел в производстве порошковых проволок для сварки и наплавки. Предприятие является одним из ведущих в этой области в Украине. Выпуск более 30 наименований порошковых проволок осуществляет ОАО «Днепрометиз» в Днепропетровске. Активное сотрудничество «ВелдТек» с крупными предприятиями и отраслевыми НИИ позволяет постоянно совершенствовать существующие марки наплавочных порошковых проволок, добиваясь повышения однородности химического состава наплавленного металла, улучшения отделимости шлаковой корки при наплавке под флюсом, увеличения стойкости против пористости. По требованию потребителей некоторые порошковые проволоки могут быть адаптированы к флюсам АН–348, АН–60, АН–60М, АН–20 и АН–26.

Много выступлений было посвящено проблемам ресурсо- и энергосбережения, а также вопросам экологии и гигиены при выполнении ремонтных работ. В частности, в Центральном НИИ вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины ведут поисковые работы ресурсосберегающих технологий восстановления деталей. На конференции были представлены результаты исследований процесса наплавки с управлением мощностью дуги, выполняемой при возвратно-поступательном движении сварочного мундштука с прерывистой подачей самозащитной порошковой проволоки. Отмечено снижение расхода электроэнергии более чем в 1,5 раза по сравнению с обычной электродуговой наплавкой. Представитель Полоцкого государственного университета (Беларусь) обратил внимание на необходимость и возможность использования в качестве вторичных энергоресурсов жидких отходов разборочно-очистного процесса. Отходы содержат моторные и трансмиссионные масла, топливные фракции, промывочные жидкости,

мазут и др. Об использовании скрытых возможностей известных технологий наплавки и опыте наплавки гребней железнодорожных колес, роликов рольгангов и конусов доменных печей говорилось в докладе, представленном ЗАО «Инцен» (Нижний Тагил). Основываясь на исследованиях английской фирмы «Welding Aiiouys», которыми установлено, что бейнитная структура, характерная для наплавки, в 2–4 раза более износостойкая, чем перлитная, характерная для проката. «Инценом» на Серовском металлургическом заводе внедрена наплавка гребней колес проволокой Нп–30ХГСА твердостью 250 НВ. При этом износостойкость гребней повысилась в 3–5 раз.

Исследования, направленные на снижение опасности образования трещин при сварке сталей аустенитного класса, проводит Военный институт руководящего инженерного состава НАО Украины. Предлагается для управления тепловыми процессами и характером кристаллизации при электродуговой сварке использовать сварку пульсирующей дугой. Периодическое изменение мощности дуги способствует измельчению структуры металла шва и зоны термического влияния. Однако требуют своего разрешения вопросы, связанные с сохранением стабильности процесса и динамического равновесия между циклически изменяющейся скоростью подачи электродной проволоки в зону дуги и скоростью ее плавления.

Сборник тезисов докладов 8-й Международной конференции «РЕМОНТ–2000» издан Ассоциацией технологов-машиностроителей Украины. ■



«Сварочное производство Украины - 2000» – К.: Экотехнология, 2000.–164 с.

В справочнике представлены названия, адреса, сферы деятельности предприятий и организаций, производящих и поставляющих продукцию для сварочного производства Украины, а также информация о научно-исследовательских, проектно-конструкторских институтах, учебных организациях всех уровней, занимающихся подготовкой и переподготовкой специалистов для сварочного производства, органах сертификации и стандартизации и т. п.

В справочник включены информационные материалы, которые могут потребоваться специалистам сварочного производства в их повседневной деятельности.

По вопросу приобретения обращайтесь в редакцию журнала «Сварщик» по тел.: (044) 227–6502.

ЛУГАНСКИЙ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДОМ

ВЕЛДИНГ РЕАЛИЗУЕТ ДЛЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

<ul style="list-style-type: none"> ▲ редукторы ацетиленовые, углекислотные, пропановые ▲ кислородные, ▲ карбид кальция, ▲ электроды, ▲ кабель АВВГ, ▲ генераторы ацетилена АСП-10, ▲ горелки ацетиленовые, пропановые ▲ провод АПВ, АППВ, ▲ керосинорезы РК-02 ▲ сварочные п/автоматы 380, 220В ▲ вентили кислородные, пропановые 		<ul style="list-style-type: none"> ▲ сварочная проволока 0,8-4,0мм, ▲ трансформаторы сварочные ▲ рукав МБС 6;9 кислородный, ▲ резаки ацетиленовые, ▲ кабель сварочный КГ, ▲ бензорезы РБК-1, ▲ маски, очки, стекла, ▲ костюмы сварщика и х/б, рукавицы х/б и брезентовые,
--	--	---

Украина, 91056, г. Луганск, ул. В.Пятёркина, 8, к.220, тел. 52-32-70, т/факс 42-02-45