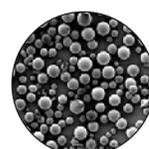


СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	4
Технологии и оборудование	
Оборудование ПАРС для электродуговой сварки и наплавки. <i>С. Ф. Трух, Л. Т. Плаксина, В. Н. Сорокин</i>	6
Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве. <i>Г. И. Лашенко</i>	12
Технологии и материалы	
Нанесение покрытий из композиционных порошковых материалов детонационным методом. <i>Е. К. Фень</i>	17
Определение доли адгезионного и когезионного разрушения покрытия, напыленного плазмой. <i>А. Н. Лаптева, Ю. С. Дмитренко, Н. П. Пасько</i> <i>О. Г. Быковский, А. В. Чечет, С. Н. Мацюк</i>	20
Технологии наплавки	
Порошковая проволока и технология наплавки тонколистовых конструкций, подвергающихся абразивному изнашиванию. <i>И. А. Рябцев, И. А. Кондратьев, А. А. Бабинец, А. Г. Тихомиров</i>	22
Наши консультации	25
Производственный опыт	
Особенности усовершенствования металлатора и опыт его использования на ПАО «Азовобщемаш». <i>С. В. Крылов, В. И. Скрипченко, Ю. В. Демченко</i>	27
Ручной газокислородный резак РЗ-ФЛЦ-ВС для резки заготовок из углеродистых и высоколегированных сталей толщиной до 1000 мм. <i>В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, В. А. Белинский,</i> <i>А. И. Коровченко, В. В. Капустин</i>	29
Система экономии защитного газа EWR	34
Выставки	33, 36
Охрана труда	
Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: область применения, требования и оценка рисков. <i>О. Г. Левченко, Ю. О. Полукаров</i>	37



Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24185 от 25.04.2006, выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Издатель ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е. О. Патона»,
ООО «Специальные сварочные технологии»

Тел. моб. +7 903 795 18 49

E-mail ctt94@mail.ru

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

Редактор, маркетинг О. А. Трофимец

Верстка и дизайн В. П. Семенов

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала.

При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик в России» обязательна.

Подписано в печать 19.04.2016. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC. Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8». Заказ № П000004213 от 19.04.2016. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии информационно-технического журнала «Сварщик»

Учредители Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ, ООО «Технопарк ИЭС им. Е.О. Патона»

Издатель НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

Редакционная коллегия В. А. Белинский, Ю. К. Бондаренко, А. В. Вавилов, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко, О. Г. Левченко, В. М. Литвинов, Л. М. Лобанов, А. А. Мазур, П. П. Проценко, С. В. Пустовойт, И. А. Рябцев

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Телефон +380 44 200 5361

Тел./факс +380 44 200 8018, 200 8014

E-mail welder.kiev@gmail.com
trofimets.welder@gmail.com

URL <http://www.welder.stc-paton.com>

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

Подписной индекс 20994
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс K0103
в каталоге российской прессы
«Почта России» —
персональная подписка

News of technique and technologies 4

Technologies and equipment

Equipment PARS for electric arc welding and surfacing.
S.F. Trukh, L. T. Plaksina, V.N. Sorokin 6

Electron-beam technologies in welding production.
G.I. Lashenko 12

Technologies and materials

Deposition of coverings based on composite powder materials by detonation method. *E.K. Fen'* 17

Determination of share of the adhesive and cohesive destruction of the coating, deposited by plasma.
A.N. Lapteva, Yu.S. Dmitrenko, N.P. Pas'ko, O.G. Bykovsky, A.V. Czeczet, S.N. Matsyuk 20

Technologies of surfacing

Cored wire and technology of surfacing of thin-sheet structures, which be subjected to abrasive wear.
I.A. Ryabtsev, I.A. Kondrat'ev, A.A. Babinets, G.A. Tikhomirov 22

Our consultations 25

Production experience

Features of advanced of the metal spraying machine and the experience of its use at PJSC «Azovobschemash».
S.V. Krylov, V.I. Skripchenko, Yu. V. Demchenko 27

Manual oxy-fuel cutter R3-FLTS-VS for cutting work pieces from carbon and high-alloy steels with a thickness up to 1000 mm.
V.M. Litvinov, Yu. N. Lysenko, S.A. Chumak, V.A. Belinskiy, A.I. Korovchenko, V.V. Kapustin 29

System of economy of protective gas EWR 34

Exhibitions 33, 36

Labour protection

Systems of management of occupational health and safety: the area of application, requirements and risks estimation.
O.G. Levchenko, Yu. O. Polukarov 37

Оборудование ПАРС для электродуговой сварки и наплавки

С. Ф. Трух, Л. Т. Плаксина, В. Н. Сорокин

Разработаны инверторный выпрямитель с радиоуправлением для ручной дуговой сварки, полуавтоматы для сварки в среде защитных газов с синергетическим управлением, автомат для сварки под флюсом, устройство радиоуправления для удаленного источника питания дуги при ручной дуговой сварке. Представлены результаты разработки этого оборудования: функциональность обусловлена техническими характеристиками и возможностями; конструктивные особенности позволяют оперативно осуществлять его ремонт; применение дуплексного радиоуправления в конструкции повышает управляемость, сокращает время на подготовку, позволяет применить его для выполнения ответственных работ. Данное оборудование для сварки впервые разработано и выпускается только в России.

Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве

Г. И. Лащенко

Рассмотрены типы соединений и досварочные операции, применяемые при электронно-лучевой сварке (ЭЛС). Предложен алгоритм выбора режимов для ЭЛС. Приведены приемы при выполнении ЭЛС разнородных сталей. Представлены режимы ЭЛС и механические свойства сварных образцов из стали Д36. Показано, что ЭЛС является эффективным способом для соединения алюминиевых и титановых сплавов.

Нанесение покрытий из композиционных порошковых материалов детонационным методом

Е. К. Фень

Предложен детонационный метод нанесения жароизносостойких покрытий, когда площадь напыления невелика. Показано, что для детонационного напыления покрытий нужны порошки из сплавов с размером частиц 20–40 мкм, а для тугоплавких соединений — 10–20 мкм. Определены основные физико-механические свойства покрытий из композиционных порошковых материалов. Получен ряд композиционных порошковых материалов для детонационного напыления жароизносостойких покрытий с высокими физико-химическими свойствами, которые могут найти широкое применение в различных сферах современной техники.

Порошковая проволока и технология наплавки тонколистовых конструкций, подвергающихся абразивному изнашиванию

И. А. Рябцев, И. А. Кондратьев, А. А. Бабинец, А. Г. Тихомиров

Разработан ряд порошковых проволок небольшого диаметра типа ПП-АН192 для наплавки износостойких слоев на тонколистовые конструкции. Приведены результаты оценки сварочно-технологических свойств самозащитных порошковых проволок типа ПП-АН192. Изготовлена самозащитная порошковая проволока ПП-АН192 диаметром 1,6 мм, усовершенствован состав ее шихты. Изготовлено приспособление, разработаны техника и технология дуговой наплавки этой проволокой стальных листов толщиной 3 мм. Твердость однослойного металла, наплавленного проволокой ПП-АН192, составляет HRC 56–60.

Особенности усовершенствования металлизатора и опыт его использования на ПАО «Азовобземаш»

С. В. Крылов, В. И. Скрипченко, Ю. В. Демченко

Изготовлен опытный образец металлизатора модели ЭМ 01М, переданный на опытно-промышленную эксплуатацию в ПАО «Азовобземаш». Представлены основные технические характеристики аппарата ЭМ-01М. По результатам опытно-промышленной проверки на ПАО «Азовобземаш» усовершенствованного образца металлизатора ЭМ-01М. Установлено: отсутствие его перегрева; снижение расхода проволоки благодаря узконаправленному воздушно-цинковому факелу; снижение шума воздушной турбины привода; плавная регулировка скорости вращения привода. Рекомендовано приобретение партии металлизаторов ЭМ 01М.



Дорогие читатели!



Обращаем Ваше внимание на то, что, начиная с первого номера 2016 года, мы изменили дизайн логотипа нашего журнала «Сварщик в России». За его основу принято оформление журнала «Сварщик», который издавался в 1933–1935 гг. XX века (в Москве) для специалистов-практиков сварочного производства.

Несмотря на внешние изменения, журнал «Сварщик в России», как и прежде, рассчитан на сварщиков-профессионалов, направлен на освещение производственных процессов сварки и родственных технологий, будет способствовать обмену опытом и знакомить с новыми технологиями и техникой.

Мы ищем новые направления и темы, стараемся глубже вникать в проблемы сварщиков, стремимся к более тесному сотрудничеству с читателем. Ваши поддержка, опыт и отклики помогут нам выбрать правильные пути и направления при подготовке актуальных для производства технических и производственных статей. Надеемся, что наше сотрудничество будет развиваться. Ждем Ваших откликов, пожеланий, вопросов и описания Ваших проблем.

*Редколлегия и редакции журналов
«Сварщик в России», «Сварщик»*

Новое производство российской сварочной проволоки Св-08Г2С

В рамках программы импортозамещения в 2016 г. на базе завода «ЭСАБ Тюмень» организовано новое производство компании «ЭСАБ» в России — завод сварочных про-

волоков. С апреля 2016 г. «ЭСАБ» объявляет о запуске производства сварочной проволоки марки Св-08Г2С. Данная марка проволоки производится на оборудовании и по технологии компании ESAB.

Сварочные проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 обладают высоким качеством омеднённого покрытия, что позволяет получить гарантированную стабильность подачи проволоки с минимальным разбрызгиванием в процессе сварки. Проволоки выпускаются как в традиционных катушках, так и в перспективе в упаковках ESAB Marathon Pac (Марфон Пак), которые уже получили высокую оценку российских предприятий. Сварочная проволока Св-08Г2С поставляется в диаметрах 0,8 мм, 1,0 мм, 1,2 мм и 1,6 мм на каркасах KS300, не требующих применения адаптера.

В течение 2016 г. «ЭСАБ» планирует ещё более расширить линейку сварочных материалов, производимых на своих российских заводах.



● #913

www.esab.ru

Российские ученые изобрели новый способ сварки

Группа ученых Сибирского федерального университета (СФУ, Красноярск) под руководством доцента кафедры материаловедения и технологий обработки материалов Галины Зеер предложила новый способ диффузионной сварки под высоким давлением с использованием прослойки из специального материала. Изобретение может быть использовано для сварки разнородных материалов в различных отраслях машиностроения.

Способ не требует применения специального оборудования и экономически выгоден для производства изделий, получае-



мых диффузионной сваркой, в частности, для изготовления твердосплавного режущего инструмента.

Диффузионная сварка — это соединение двух однородных или разнородных материалов при повышенном давлении и температуре (около 0,4–0,8 от температуры плавления более легкоплавкого из материалов). В новом способе сварки специалисты из СФУ для облегчения соединения деталей предлагают использовать промежуточную прослойку, в качестве которой выступает суспензия порошка никеля и связующего вещества — раствора поливинилбутираля.

«Применение промежуточных прослоек позволяет снизить химическую неоднородность и термодинамическую нестабильность, исключить образование интерметаллидов (химических соединений металлов) в переходной зоне соединения, а также значительно уменьшить или исключить деформационное воздействие температуры на свариваемые материалы и детали. Кроме того, новый способ позволяет снизить температуру процесса диффузионной сварки», — сказала Галина Зеер.

По мнению ученых, изобретение позволяет получить надежное соединение разнородных материалов с сохранением их структуры и исходных характеристик, а также повысить качество сварного соединения за счет обеспечения равномерной толщины, плотности порошковой прослойки и снижения остаточной пористости.

● #914

www.arms-expo.ru

FANUC бьет рекорды по продажам промышленных роботов по всему миру

FANUC Corporation, ведущий поставщик робототехники, ЧПУ и автоматизации для производства, объявил об установлении нового мирового рекорда по производству и продажам более 400 000 роботов.

«В последние несколько лет наблюдался растущий спрос на реализацию новейших технологий на заводах. Спрос стимулировал производство промышленных роботов в целом и сыграл важную роль в достижении этого рубежа FANUC, поставщика номер один в мире автоматизации и промышленных роботов. С точки зрения видов продукции, наибольший вклад в достижение этого рубежа внесли роботы серии FANUC R-2000iC, 200ID серии LR Mate, и новый робот CR-35iA», — сказал Майк Чикко, вице-президент FANUC America.

Промышленный робот R-2000iC предназначен для обработки материалов и сварочных работ.

Применение мини-роботов LR Mate 200iD является универсальным и экономически эффективным решением для широкого спектра технологических операций, в том числе тех, которые требуют доступа в небольшие помещения. Этот робот имеет шестиосный манипулятор, высокую скорость действия и способен выдерживать нагрузку 4–7 кг, что делает его идеальной альтернативой роботам типа SCARA, используемым для сборки.

Новый робот CR-35iA является первым аппаратом с полезной нагрузкой в 35 кг и предназначен для работы совместно с людьми.

«Мы очень гордимся тем, что достигли мирового рекорда в робототехнике», — добавил Чикко. — FANUC стремится к разработке инновационных продуктов автоматизации, обеспечивающих высокий уровень качества, производительности и стоимости для наших клиентов.



● #915

www.robotics.ua

Оборудование ПАРС для электродуговой сварки и наплавки

С. Ф. Трух, ООО «АПС РАДИС» (Москва), Л. Т. Плаксина, ФГАОУ ВПО РГППУ (Екатеринбург), В. Н. Сорокин, «РГУ Нефти и газа им. И. М. Губкина» (Москва)

На базе широкого использования цифровых устройств управления разработаны инверторный выпрямитель с радиоуправлением для ручной дуговой сварки, полуавтоматы для сварки в среде защитных газов с синергетическим управлением, автомат для сварки под флюсом, устройство радиоуправления для удаленного источника питания дуги (выпрямитель или генератор) при ручной дуговой сварке.

Аппарат сварочный постоянного тока Ф-302 (в дальнейшем «аппарат») промышленного применения предназначен для ручной электродуговой сварки (режим «ММА»). При наличии специальных аксессуаров и материалов аппарат может использоваться в качестве источника питания для аргонодуговой сварки постоянным током деталей и материалов из титана, нержавеющей стали и медных сплавов (режим «TIG»). Технические характеристики и общие функции аппарата приведены в табл. 1 и 2 соответственно. В режиме «ММА» сварка производится штучными плавящимися электродами любой марки диаметром от 1,6 до 5,0 мм при дуге, образованной постоянным током, регулируемым в пределах от 20 до 315 А специальным регулятором на передней панели аппарата или с помощью пульта дистанционного управления, управляемого по радио (рПДУ).

Использование радио для управления выпрямителем позволяет эффективно организовать выполнение сварочных работ на удаленных объектах, для которых размещение сварочного аппарата рядом с местом сварки нецелесообразно или небезопасно. Радиоуправление позволяет выполнять полноценное управление выпрямителем на расстоянии до 200 м с передачей на рабочее место информации о параметрах режима сварки, исключает использование соединительного кабеля управления, существенно экономит время подготовки сварочных работ.

Аппарат представляет собой инверторный источник питания, в основу работы которого положен метод высокочастотного преобразования электроэнергии. Конструктивно аппарат выполнен в виде переносного моноблока, на передней панели которого расположены: жидкокристаллический (ЖК) индикатор, клавиатура, антенна для рПДУ. Общий вид аппарата Ф-302 с устройством радиоуправления представлен на рис. 1. Во время управления выпрямителем по рПДУ встроенный пульт управления переключается



Рис. 1. Аппарат Ф-302 с устройством радиоуправления

на работу в слэйв-режим: отображения заданного тока и текущих значений тока и напряжения. Связь по радиоканалу осуществляется в цифровом формате. Идентификация производится по встроенным номерам модулей радиосвязи. Наличие других выпрямителей с аналогичным каналом управления не влияет на его работу.

Пульт управления сохраняет все параметры, установленные для каждого из 10 предусмотренных режимов. При сварке номер режима постоянно отображается в верхней строке экрана. Сварочный ток изменяется в диапазоне 20–315 А с шагом 1 А. Заданный ток отображается в верхней строке, реальное напряжение и ток в режиме сварки — в нижней строке экрана. Для обеспечения устойчивого

Таблица 1. Технические характеристики сварочного аппарата Ф-302

№	Характеристика	Значение
1	Электропитание – трехфазная сеть переменного тока со следующими параметрами: – линейное напряжение, В – частота, Гц	380 ⁺³⁸ / ₋₅₇ 50±1
2	Электрическая мощность, потребляемая от сети, кВт · А	не более 17
Основные параметры в режиме «ММА»		
3	Напряжение холостого хода, В	80 ⁺²⁰ / ₋₁₀
4	Минимальное значение выходного тока, А	не более 15*
5	Максимальное выходное напряжение, В	не менее 30*
6	Ток короткого замыкания, А	440 ⁺⁶⁰ / ₋₄₀
7	Напряжение питания внешних потребителей, В	24±4
8	Напряжение ХХ: – в безопасном режиме, В** – в активном режиме, В	4±1 80 ⁺²⁰ / ₋₁₀
9	Время переключения аппарата на безопасное напряжение ХХ, с	не более 0,6
10	Максимальный сварочный ток, А 315+10*	315 ⁺¹⁰ / ₋₄₀ ; **
11	Ток КЗ в режиме максимального сварочного тока, А	355±10 * , **
12	Минимальный сварочный ток, А	20 ⁺⁵ / ₋₁₀ ; *, **
13	Время импульса, мс	50...2000
14	Время паузы, мс	50...2000
15	Ток во время паузы, А	20...315
* При номинальном значении линейного напряжения питающей сети ~380 В (фазного напряжения ~220 В)		
** При крайних значениях линейного напряжения питающей сети ~323 и ~418 В (фазного напряжения ~187 и ~242 В)		

поджига дуги и прогрева начального участка сварки рекомендуется использовать функцию форсажа дуги, время действия от 0 до 2 с с шагом 0,1 с. При этом ток источника питания устанавливается в процентах от максимального, например, 50% для выпрямителя Ф-302 соответствуют току порядка 170 А.

В аппарате реализован дополнительный параметр «Импульсный режим», при этом форсаж дуги выполняется без импульсов, а затем включается импульсный режим. Применяется при аргодуговой сварке и стабилизации горения дуги при использовании электродов с плохим горением. Устанавливаются: длительность импульса тока от 0,05 до 2,0 с через 0,05 с; длительность паузы тока от 0,05 до 2,0 с через 0,05 с; ток паузы от 15 до 315 А. Наклон вольт-амперной характеристики (ВАХ) — в диапазоне от 0,35 до 1,85 В/А. В зависимости от длины проводов или наличия больших ферромагнитных масс в сварочном контуре наклон естественной ВАХ может достигать больших величин. Для его корректировки

Таблица 2. Общие функции сварочного аппарата Ф-302

№	Функция
1	Цифровая индикация сварочного тока и выходного напряжения
2	Режим «ДУ»: <ul style="list-style-type: none"> – регулирование сварочного тока с помощью рПДУ; – регулирование сварочного тока с помощью регулятора сварочной горелки (при его наличии)
3	Защита аппарата от перепадов напряжения питающей сети: <ul style="list-style-type: none"> – силовой преобразователь аппарата отключается при линейном напряжении питающей сети более ~450 В (фазном напряжении более ~260 В); – силовой преобразователь аппарата отключается при линейном напряжении питающей сети менее ~295 В (фазном напряжении ~170 В и менее); – силовой преобразователь аппарата включается в течение не более 3 с после возвращения напряжения сети в допустимый диапазон, при этом индикаторы аппарата «А» и «V» показывают текущие значения выходных параметров.
4	ПН при рабочем цикле 5 мин (для режима «MIG» рабочий цикл должен быть 10 мин) и рабочей температуре окружающего воздуха $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$, %: <ul style="list-style-type: none"> – при максимальном сварочном токе 315 А – 60; – при сварочном токе 250 А – 100.
5	Электрическое сопротивление изоляции между: цепями сетевого питания и корпусом, выходными цепями и корпусом, цепями сетевого питания и выходными цепями в зависимости от климатических условий окружающей среды должно быть, не менее, МОм: <ul style="list-style-type: none"> – в нормальных климатических условиях окружающей среды –10; – при наибольшем значении рабочей температуры окружающей среды –5; – при наибольшем значении относительной влажности окружающей среды –2.
6	Габаритные размеры аппарата, не более 640x274x381 мм
7	Масса аппарата, 19,3±1,4 кг
8	Масса брутто аппарата, не более 22 кг
9	Срок службы, не менее 6 лет

Таблица 3. Технические характеристики пульта дистанционного управления (рПДУ)

№	Характеристика	Значение
1	Дальность устойчивой радиосвязи, м	200
2	Максимальная дальность радиосвязи, км	5
3	Частота работы, МГц	433
4	Тип связи с СА	цифровая, двусторонняя

используется импульсный режим.

Пульт дистанционного управления (рПДУ) выпрямителем Ф-302 предназначен для хранения параметров режима сварки, передачи и приема команд при работе сварочного аппарата (СА). Технические характеристики пульта дистанционного управления приведены в *табл. 3*. В корпусе пульта дистанционного управления находится отсек для 4-х батарей или аккумуляторов типа АА, ЖК дисплей с подсветкой, плата управления, клавиатура.

Команды с пульта управления принимаются и выполняются блоком управления СА. рПДУ выполнен в виде переносного блока, на котором смонтированы индикатор, выключатель питания и кнопки управления. На индикаторе производится отображение заданных и измеренных значений тока и напряжения дуги, уровень приемного сигнала от базы, заряд батареи. При работе рПДУ данные, передаваемые в выпрямитель, заносятся в память текущего номера режима. Параметры других номеров режимов в выпрямителе остаются неизменными. Данные параметров меню полностью совпадают с аналогичными для выпрямителя Ф-302 за исключением специфических параметров для рПДУ. Пульт выполнен с использованием высоких технологий — экономит энергию батарей, позволяя, при правильной эксплуатации, производить работы в течение 7 суток непрерывно без подзарядки.

В настоящее время аппарат Ф-302 используется для сварки металлоконструкций при ремонте локомотивов, изготовлении строительных и мостовых конструкций на монтаже, сварки ответственных швов в судостроении.

Полуавтомат сварочный типа ПАРС (промышленные адаптивные робототехнические системы) Н-511 (в дальнейшем «полуавтомат») предназначен для полуавтоматической дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG) изделий из малоуглеродистых и низколегированных сталей протяженными и прерывистыми швами в различных пространственных положениях, а также сварки и наплавки порошковыми проволоками (\varnothing до 3,2 мм). В качестве защитного газа могут использоваться углекислый газ по ГОСТ 8050-76, аргон по ГОСТ 10157-73 или смеси газов (Ar + CO₂, Ar + O₂, и др.). Общий вид полуавтомата приведен на *рис. 2*.

Полуавтомат оснащен цифровой системой управления, выполненной в виде 3-х отдель-

ных блоков. Управление производится с единого синергетического пульта (ПУ-501), имеющего двухстрочный ЖК индикатор (экран сообщений). Система управления позволяет в режиме реального времени управлять периферийным оборудованием, входящим в состав полуавтомата, производить его тестирование перед сваркой, запоминать и хранить в памяти рабочие настройки (10 вариантов режимов сварки), измерять величину тока и напряжения в процессе сварки. Информация о состоянии оборудования, параметрах настройки и режимах сварки выводится на экран пульта. Полуавтомат может располагаться от источника питания на расстоянии до 80 м. Основные технические характеристики ПАРС Н-511 приведены в табл. 4.

Полуавтомат состоит из выпрямителя (Ф-302, Ф-502, ВДУ-516, ВДГ-507), горелки сварочной, переносного механизма подачи проволоки (БПП-511), пульта управления (ПУ-501), силовых и сигнальных кабелей. В механизме подачи проволоки БПП-511 расположен мотор-редуктор ($i=20$) с электродвигателем постоянного тока с 4-мя ведущими роликами, оснащенный датчиком прямого измерения и стабилизации скорости двигателя, электропневмоклапан, необходимые разъемы и плата цифрового управления. Производится плавное и точное регулирование скорости подачи проволоки. Связь модулей полуавтомата с пультом управления производится по последовательному каналу

Таблица 4. Основные технические характеристики полуавтомата ПАРС Н511

Наименование параметра	Величина
Номинальное напряжение питающей сети, В	340–400
Потребляемая мощность, (не более), кВт	29
Род сварочного тока	постоянный
Номинальный сварочный ток при ПВ = 80 %, А	500
Режим работы	Повторно-кратковременный
Длительность цикла, мин	5
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8–3,2
Количество ведущих роликов	4
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	1–21
Точность поддержания скорости подачи (не менее), %	1,0
Расход защитного газа, л/мин	5–40
Габариты механизма подачи (ВхШхД)	280x305x545
Габариты источника питания (ВхШхД)	470x360x380
Масса механизма подачи без электродной проволоки, кг	11,5
Масса электродной проволоки в кассете, кг	15

с использованием специально разработанной помехозащищенной сети PARS-net.

Пульт управления производит непрерывное тестирование модулей полуавтомата и позволяет оперативно локализовать неисправность, сообщая оператору о выявленной неисправности. Ремонт производится простой заменой вышедшего из строя модуля. Пульт включает в себя плату управления и ЖК индикатор. Обмен информацией и управление устройствами, входящими в состав полуавтомата осуществляются по внутренней сети. В процессе сварки регуляторами устройства управления автоматически стабилизируются скорость подачи проволоки в зону сварки и заданное напряжение на дуге. Пульт предназначен для управления и диагностики модулей полуавтомата, настройки параметров и управления ходом сварки. При подаче питания установка входит в режим настройки, происходит настройка параметров сварки и управление блоком подачи проволоки. Пульт управления полуавтоматом ПАРС Н-511 позволяет осуществить следующие функции: выбор способа сварки, материала, защитного газа и диаметра сварочной проволоки; настройку параметров режима сварки; выбор и изменение параметров меню (номер режима) и т.д. Вид пульта управления полуавтоматом ПАРС Н-511 в режиме настройки представлен на рис. 3. Пульт содержит также меню тестирования, при нажатии кнопки на горелке полуавтомат переходит в режим сварки. В этом режиме происходит индикация измеренного тока и напряжения, регуляторами на пульте можно производить коррекцию скорости подачи проволоки и сварочного напряжения.

Настройка полуавтомата осуществляется в двух вариантах — при включенной и отключенной синергетике. В зависимости от этого варьируется содержание меню. Вид дисплея в режиме наладки показан на рис. 4.

Пульт управления хранит все параметры, установленные для каждого из 10 режимов сварки. Номер режима выбирается в меню, он постоянно отображается в верхней строчке экрана при сварке. Диаметр проволоки выбирается из значений 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0 мм.

При сварке в режиме синергетики могут быть использованы стали (Fe), хромоникелевые стали (CrNi), алюминий (Al) и его сплавы. Скорость подачи проволоки в режиме синергетики изменяется в диапазоне 3–14 м/мин. Ток сварки (отображается в нижней строке) пропорционален скорости подачи проволоки (отображается в верхней строке экрана) и ее диаметру. Напряжение сварки при включенной синергетике устанавливается автоматически в зависимости от выбранных параметров, дополнительно может быть откорректировано в пределах ± 5 В (об этом поступа-



Рис. 2. Полуавтомат сварочный ПАРС Н-511

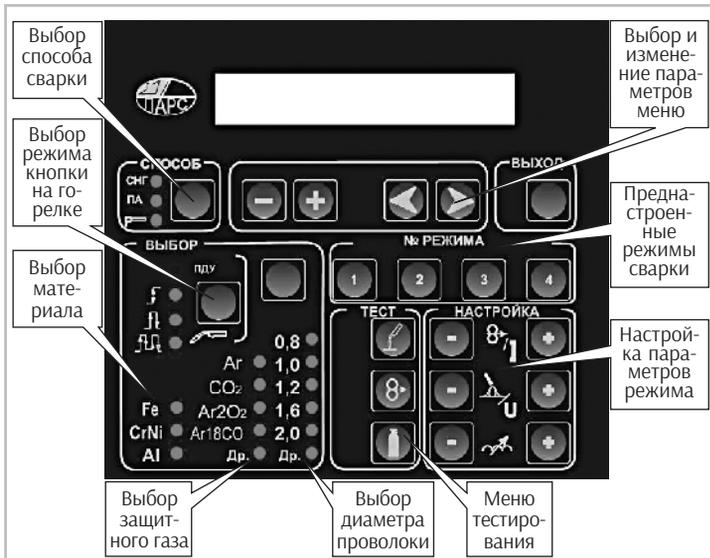


Рис. 3. Пульт управления полуавтоматом ПАРС Н-511 (режим настройки) и сообщение). При отключенной синергетике оно изменяется в диапазоне 15–40 В с шагом 0,1 В. Заданное напряжение отображается в нижней строке, реальное напряжение сварки – в верхней строке экрана. При колебаниях напряжения в сети напряжение на дуге стабилизируется автоматически. Индуктивность выпрямителя устанавливается автоматически в зависимости от выбранных параметров, но дополнительно может изменяться в пределах ± 50 А/мс. Переход на другой ток, путем изменения скорости подачи проволоки в режиме синергетики, приводит к автоматическому изменению всех остальных параметров ВАХ выпрямителя.

По требованию потребителя полуавтомат может быть оснащен электронным блоком регулирования и подачи защитного газа БР25 (50) с плавным регулированием его расхода в диапазоне 0–25 (0–50) л/мин. Блок подключается к сети PARS-net. Измеренные значения подачи защитного газа передаются на пульт управления по сети. При использовании выпрямителя ВДУ-516 ВАХ выбирается и настраивается на пульте управления источника. Параметры ВАХ инверторных выпрямителей Ф-302, Ф-502 можно настраивать с помощью пульта механизма подачи проволоки.

Выпрямители Ф-302 и Ф-502 осуществляют процесс управляемого переноса металла в дуге. Микропроцессорная система управления выпрямителем позволяет со скоростью 30 кГц производить управление мгновенным значениям тока дуги. В зависимости от заданных параметров устройство управления выбирает именно то мгновенное значение тока дуги, которое необходимо для ее устойчивого горения, минимального динамического воздействия на металл сварочной ванны с учетом всех стадий переноса металла: горения дуги, касания каплей жидкой ванны, разрыва перемычки и повторного возбуждения дуги. Это позволяет точно настроить выпрямитель для выполнения корневых швов, существенно снизить разбрызгивание металла при сварке, за короткое время выбрать оптимальный вектор параметра режима сварки, сохранить в долговременной памяти настройки и при необходимости быстро повторить.



Рис. 4. Вид дисплея в режиме настройки



Рис. 5. Вид дисплея при сварке

Использование четырехтактного режима работы кнопки на горелке позволяет осуществлять следующие операции, например: при первом нажатии кнопки включается режим № 2 (для предварительного подогрева изделия на 10–20 % больше номинального), затем, при выключении кнопки, выполняется переход на режим № 8. При повторном нажатии включается режим № 1, при котором ток снижается на 20–50 % и производится заварка кратера. При выключении кнопки заканчивается процесс сварки. Вид дисплея при сварке показан на рис. 5.

После включения горелки в режиме настройки начинается сварочный цикл, который проходит следующие стадии:

- продувка горелки защитным газом в течение времени, установленном в меню «Продувка до: XX, XC»;
- включение подачи сварочной проволоки с рабочей скоростью;
- поджиг сварочной дуги, при включении тока, напряжения переход в режим сварки;
- блокировка кнопок на пульте управления при сварке, кроме регуляторов тока и напряжения, которыми можно произвести оперативную корректировку;
- остановка сварки после выключения кнопки горелки либо при ее повторном нажатии. Остановка подачи проволоки и гашение дуги.
- продувка горелки защитным газом в течение времени, установленном в меню «Продувка после: XX, XC».

По окончании сварочного цикла на дисплей выводятся параметры тока и напряжения. Коррекция скорости подачи тока и напряжения (длины дуги) непосредствен-

но при сварке производится регуляторами «Ток сварки» и «Напряжение сварки». Дополнительно фиксируется количество отработанных часов (только чистого времени горения дуги). Счетчик чистого времени горения дуги включается с момента повышения тока свыше 20 А и отключается при понижении тока менее 20 А. Пульт управления постоянно производит тестирование работы подключенного оборудования: выпрямителя, механизма подачи проволоки, охладителя. Перед началом работы с пульта управления в подключенные модули передаются рабочие настройки, значения которых проверяются в процессе работы. Встроенная жидкостная система охлаждения ВС-01 позволяет подавать охлажденную жидкость на горелку с расходом до 4 л/мин и давлением до 4 бар. Система имеет насос подачи жидкости, датчик измерения ее расхода, радиатор, микропроцессорное устройство управления и контроля, расширительный бак.

Полуавтоматы ПАРС Н-511 широко используются в промышленности для изготовления ответственных сварных конструкций: на Качканарском ГОКе, заводах «АО НПК УВЗ», НТМК, ОАО «АТОММАШ», депо и заводах РЖД, ОАО «Северстальмаш» и др.

Сварочный автомат АДФ-1002Ц (в дальнейшем «автомат») предназначен для сварки под слоем флюса стыковых швов с разделкой и без разделки кромок, угловых швов вертикальным и наклонным электродом, а также нахлесточных швов; швы могут быть прямолинейными и кольцевыми. Автомат в процессе работы передвигается по изделию или по уложенной на нем направляющей линейке. Общий вид автомата АДФ-1002Ц представлен на *рис. 6*.

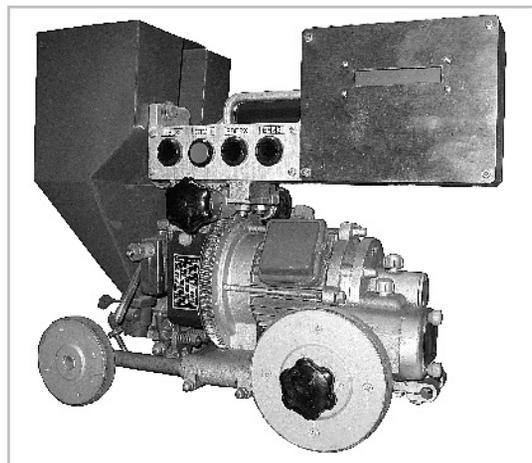


Рис. 6. Сварочный автомат АДФ-1002Ц с цифровым управлением

Автомат поставляется в комплекте с выпрямителем ВДУ-1216. Цифровое устройство управления автоматом в комплекте с ВДУ-1216 позволяет: обеспечивать высокую управляемость автоматом при удалении от выпрямителя до 100 м; выбрать режимы из банка данных; сократить количество проводов в кабеле управления до 3-х; управлять статическими и динамическими характеристиками дуги; стабилизировать параметры режима и плавно изменять напряжение дуги при сварке. Конструктивные особенности автомата приведены в *табл. 5*, технические характеристики — в *табл. 6*. Автомат оборудован алфавитно-цифровым дисплеем с подсветкой для индикации настроек и режима сварки. Питание автомата производится от выпрямителя ВДУ-1216, в блоке управления автомата содержатся только плата пульта управления, индикатор и кнопки. Связь с выпрямителем производится по последовательному каналу с использованием помехозащищенной сети PARS-net. Реализована тестовая система с сообщением оператору о причине неисправности. Оборудование рассчитано на подключение к заводской информационной сети.

Высокую надежность работы автомата АДФ-1002Ц с ВДУ-1216 обеспечили: снижение количества управляющих

Таблица 5. Конструктивные особенности автомата АДФ-1002

Модификация автомата	Род тока	Источник питания	Назначение
АДФ-1002-1 У3 АДФ-1002-1 О4	Постоянный	ВДУ-1216	Для сварки сплошной проволокой Ø 2–5 мм; Ленточным электродом 1,5х20 мм*
АДФ-1002-2 У3	Постоянный	ВДУ-1216	Для сварки сплошной проволокой Ø 2–5 мм

* По требованию заказчика автомат комплектуется устройством для сварки ленточным электродом

Таблица 6. Технические характеристики автоматов

Наименование параметра	Норма			
	АДФ-1002Ц	АДФ-1002-1Ц	АДФ-1002-2Ц	АДФ-1002-4Ц
Номинальный сварочный ток, А	1000			
Номинальное напряжение питающей трехфазной сети, В	380			
Номинальный режим работы, ПВ, %	100			
Диаметр сплошной электродной проволоки, мм	2...5			
Диапазон регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	60–362			
Диапазон регулирования скорости сварки, м/ч	12–120			
Предельный угол наклона сварочной головки к плоскости перпендикулярной шву, град	45			
Масса проволоки в кассете, кг	6			
Масса ленточного электрода в кассете, кг	15			
Емкость бункера для флюса, дм ³	6			
Средний срок службы, лет	5			
Установленный ресурс до капитального ремонта, ч	7500			
Габаритные размеры, мм:				
длина	716	850	716	850
ширина	346	370	346	370
высота	526	526	526	730
Габаритные размеры АДФ-1002-1 У3 для сварки ленточным электродом, мм:				
длина		850		
ширина		370		
высота		526		
Масса автомата без электродной проволоки, флюса и источника питания, кг	45	52	45	52

Таблица 7. Технические характеристики устройства радиуправления

Наименование параметра	Значение
Дальность устойчивой радиосвязи, м	30–300
Время непрерывной работы одной зарядки аккумулятора, час	от 48
Количество режимов сварки в памяти	10
Вид радиосвязи	Цифровая
Температурный диапазон работы, °С	–20 – +45

проводов в кабеле управления, цифровое управление, позволившее комплексно учесть особенности работы каждого узла оборудования. Тестовая система позволяет быстро локализовать неисправность. Оборудование нашло широкое применение на заводах по изготовлению металлоконструкций: ОАО «Сталькон», ЗАО «Гидросталь», ОАО «Новокузнецкие металлоконструкции» и др.

Для удаленного управления источником питания дуги (выпрямителем или генератором) при ручной дуговой сварке разработано **устройство радиуправления сварочным оборудованием «ДУГА РЗ-В» (выпрямителем) и «ДУГА РЗ-Г» (генератор)**. Модель «ДУГА РЗ-Г» (с генератором ГД-4004) позволяет проводить, наряду с дистанционным, местное управление работой сварочного генератора. Устройство радиуправления включает выносной пульт управления (ВПУ) и базовый блок, соединенный кабелем с источником питания (выпрямителем или генератором). ВПУ состоит из корпуса, устройства управления с цифровым приемо-передатчиком на частоте 2,4 ГГц, клавиатуры, аккумулятора, ЖК индикатора с подсветкой. На пульте управления отображается вся текущая информация о настройках, имеется банк режимов сварки.

Для улучшения управления на рабочем месте сварщика предусмотрены:

- плавная регулировка параметров режима сварки (начальный и рабочий ток);
- банк данных режимов сварки и настройки;
- отображение на экране измеренного и заданного тока;
- отображение на экране степени заряда аккумулятора и уровня сигнала от базового блока;
- дисплей оборудован регулируемой подсветкой экрана;
- управление работой источника питания на расстоянии до 300 м.

Функция регулируемого отключения напряжения на электроде после окончания сварки позволяет исключить замыкание электрода на металл при движении по объекту. Для увеличения зоны радиопокрытия предусмотрена возможность выноса базового блока от выпрямителя на расстояние до 100 м. Технические характеристики устройства радиуправления приведены в *табл. 7*. При первом включении система производит сканирование эфира и автоматически выбирает свободный канал. В процессе сварки сварщик может включать или выключать источник питания дуги, плавно изменять ток и напряжение сварки, включать и отключать импульсные режимы работы, получать измеренные значения тока и напряжения сварки. В диагностическом меню постоянно отображено текущее состояние аккумулятора ВПУ и уровень сигнала от базового блока.

ВПУ позволяет запомнить до 10 вариантов режимов сварки и вызвать их нажатием кнопки с номером режима или оперативно произвести корректировку текущего режима с запоминанием настройки. Технологическими преимуществами устройства радиуправления сварочным оборудованием являются:

1. Ввиду отсутствия кабеля управления исключается его запутывание и обрыв.
2. Допускается работа нескольких постов, оборудованных ВПУ, одновременно.
3. Выпрямитель можно поставить в удобном для обслуживания месте, заменить на более совершенный выпрямитель, не опасаясь его механического повреждения в монтажных условиях.
4. Существенно расширяется площадь обслуживания одним выпрямителем при соблюдении правил техники безопасности (отсутствие проводов высокого напряжения под ногами).
5. Для снижения загрязнения выпрямителя пылью предусмотрено отключение вентилятора в период отсутствия сварочного тока.
6. Применение ВПУ позволяет осуществлять эксплуатацию в сложных производственных условиях при температуре окружающей среды от –20 до +45 °С.

В настоящее время системы «ДУГА РЗ-В» и «ДУГА РЗ-Г» проходят промышленное опробование. Запуск серийного производства запланирован на II- полугодие 2016 г.

Результаты разработки описанного выше оборудования, созданного на основе современных наукоемких технологий, позволяют сделать следующее выводы:

- функциональность оборудования обусловлена представленными техническими характеристиками и исключительно высокими технологическими возможностями;
- конструктивные особенности (модульность узлов) позволяют при необходимости оперативно осуществлять его ремонт;
- применение дуплексного радиуправления в конструкции сварочных аппаратов повышает управляемость на рабочем месте, существенно сокращает время на подготовку работ, позволяет применять их для выполнения ответственных работ (точное измерение и стабилизация режима сварки).

Такое оборудование для сварки впервые разработано и выпускается исключительно в России. Полуавтоматы, автоматы, выпрямители ПАРС, реализующие цифровые технологии, успешно работают более чем на 50 предприятиях РФ, Украины, Узбекистана.

● #916

Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве*

Г. И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона» НАНУ

Типы соединений и досварочные операции при ЭЛС. При электронно-лучевой сварке (ЭЛС) применяют типы соединений, характерные для сварки плавлением и принципиально новые, присущие только этому способу (рис. 8) [4] (Сварщик № 4–2015). К последним относятся соединения проникающим электронным пучком в углублении и труднодоступных местах (рис. 8, г), «многоэтажные» стыки (рис. 8, ж), тавровые соединения (рис. 8, л). Соединения проникающим электронным пучком применяют для металлов средней и малой толщины. Соединения тонколистовых металлов с отбортовкой кромок (рис. 8, в), как правило, используют в радиоэлектронике и приборостроении. Тавровые соединения (рис. 8, л) допустимы для металлов толщиной не более 10–12 мм. Остальные соединения позволены для металлов любой толщины.

Допустимая ширина зазора в стыке не должна превышать 0,1–0,2 мм при толщине металла 3–30 мм и 0,3 мм — при толщине более 30 мм.

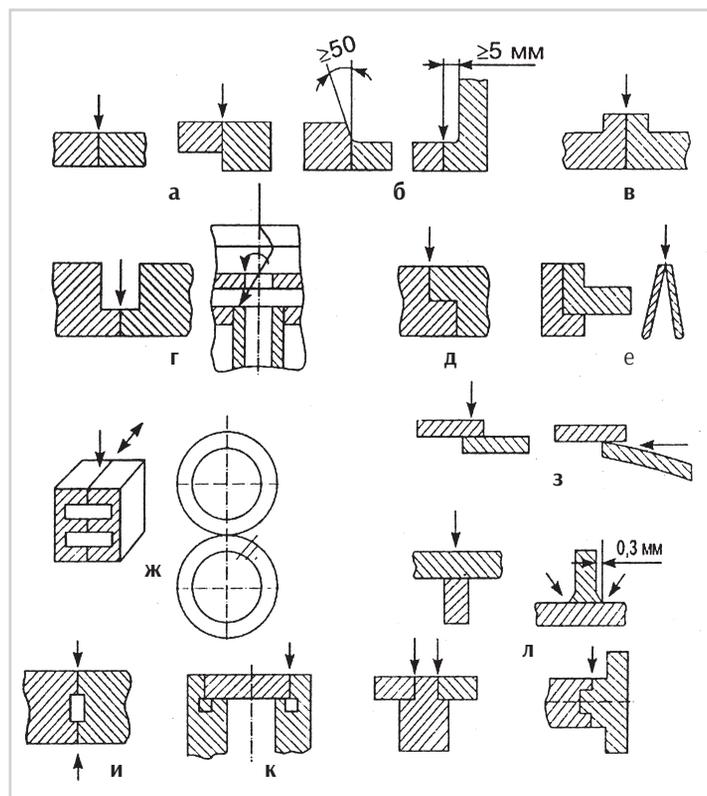


Рис. 8. Типы соединений при ЭЛС: а — равнотолщинный стык; б — разнотолщинные стыки; в — стык с отбортовкой кромок; г — стыки в углублениях; д — замковый стык; е — стыковое соединение тонкостенных деталей; ж — «многоэтажные» стыки; з — нахлесточные соединения; и — стык под двухстороннюю сварку; к — стыковое соединение под сварку заглушек; л — тавровое соединение

Для улучшения качества формирования швов и обеспечения надежности работы следящей системы применяют различные типы разделки кромок [4].

Основными досварочными операциями при ЭЛС являются очистка, сборка и размагничивание свариваемых деталей.

Очистке от средств консервации, загрязнений, ржавчины и оксидных пленок подвергают внешние, внутренние и стыкуемые поверхности деталей на расстоянии до 100 мм от кромки при сварке толстолистовых металлов и до 10 мм — при сварке тонколистовых металлов. Предварительную очистку производят механическими способами, а окончательную — химическим травлением, электрополированием и др. Непосредственно перед сваркой стык обрабатывают маломощным электронным пучком, не допуская его расплавления.

При сборке деталей прихватки на стыке целесообразно обработать электронным пучком (особенно для ферромагнитных изделий), поскольку дуговая сварка в этом случае приводит к намагничиванию изделий. Прихватки выполняют вдоль стыка — от середины к краям. Обычно длина прихватки не должна превышать 20–30 мм, так как длинные прихватки мешают устойчивой работе следящей системы. Количество прихваток определяется конструкцией свариваемого изделия.

Остаточные магнитные поля в изделиях из ферромагнитных материалов отклоняют электронный пучок, что приводит к искривлению его траектории и непроплавлению стыка по всей толщине. Компенсировать отклонение пучка при сварке тонколистовых металлов можно с помощью отклоняющей системы сварочной пушки, но при условии однородного распределения намагниченности вдоль стыка. При сварке толстолистового металла и при неравномерной намагниченности стыка необходимо производить размагничивание.

Если индукция магнитного поля у свариваемых кромок превышает 1×10^{-4} Тл, то заготовки должны быть размагничены. Магнитная индукция в зоне действия электронного пучка, превышающая 1×10^{-4} Тл, вызывает его отклонение от зоны проплавления на несколько миллиметров. При этом стык, особенно в нижней части, может быть не сварен. Чем

* Продолжение. Начало в № 4, 5, 6 — 2015

больше толщина свариваемых ферромагнитных изделий, тем выше требования к их размагничиванию.

Размагничивание производят различными способами [4]:

- за счет нагрева ферромагнитного материала выше точки Кюри (для сталей 993 °К) и последующего охлаждения до температуры окружающей среды при отсутствии вблизи обрабатываемых предметов источников внешнего магнитного поля;
- при помощи внешнего равномерно изменяющегося магнитного поля, которое при его удалении приводит намагниченность материала к значению равному нулю;
- посредством внешнего знакопеременного периодического магнитного поля, амплитуда которого уменьшается от значения, соответствующего намагниченности технического насыщения, до нуля.

Средства и способы размагничивания подробно описаны в [4].

Выбор режимов для электронно-лучевой сварки. Выбор параметров режима сварки ($I_{иск}$, $I_{п}$, $I_{ф}$ – сила тока фокусирующей линзы, $v_{св}$), амплитуды и частоты колебаний пучка, а также положения шва в пространстве производят с учетом имеющегося оборудования и опыта выполнения сварки.

ЭЛС в нижнем положении осуществляют как без подкладки, так и на подкладке. Этот способ сварки применяют для соединения сталей толщиной до 40 мм, титановых и алюминиевых сплавов толщиной до 80 мм. Наиболее предпочтительна сварка с горизонтальным и вертикальным расположениями стыка, которую выполняют для металлов любой толщины (в основном без подкладки). Сварку в потолочном положении выполняют

на металлах толщиной до 20 мм и применяют только в исключительных случаях.

Мощность пучка $P = I_{п}U_{уск}$ предварительно устанавливают по приведенным ранее формулам (Сварщик № 5–2015) или ориентировочным значениям, исходя из соотношения Р/Н при выбранной скорости сварки. Оптимальное значение скорости сварки 2,5–5,0 мм/с. При более высоких скоростях сварки изделий толщиной $\delta \geq 20$ мм наблюдается интенсивное испарение, разбрызгивание металла и нестабильное формирование шва. В *табл. 3* приведены рекомендуемые скорости ЭЛС различных материалов [4].

От тока фокусирующей линзы $I_{ф}$ зависит положение фокуса электронного пучка относительно поверхности свариваемых изделий. Наиболее глубокого проплавления и минимальной ширины шва достигают при расположении фокуса пучка на расстоянии от поверхности детали, примерно равном половине толщины заготовок. Современные системы диагностики электронного пучка позволяют устанавливать положение его фокуса с точностью ± 1 мм.

Как уже отмечалось, плотность мощности электронного пучка оказывает определяющее влияние на форму проплавления и качество швов. Поэтому для измерения диаметра электронных пучков и распределения плотности

мощности по их поперечному сечению используют специальные измерительные системы [4].

Колебания пучка осуществляют изменением силы тока в отклоняющих обмотках пучка. Частоту колебаний в диапазоне 100–1000 Гц подбирают на образцах экспериментально. Ее изменение в широких пределах мало влияет на формирование швов. Амплитуда колебаний пучка, как правило, не более чем в два раза превышает диаметр пароголового канала. Заметное влияние на формирование швов оказывает форма колебаний. Продольные пилообразные колебания приводят к увеличению глубины проплавления и уменьшению ширины шва. Круговые колебания вызывают обратный эффект, но при этом положительно сказываются на формировании корня шва, что является обязательным при замыкании кольцевых швов.

Величина ускоряющего напряжения существенно влия-

Таблица 3. Рекомендуемая скорость ЭЛС различных металлов

Материал	Глубина проплавления, мм	Пространственное положение при сварке	Энергия электронного пучка, кэВ	Мощность электронного пучка, кВт	Проплавление		Скорость сварки, мм/с
					сквозное	несквозное	
Алюминиевые сплавы АМг6, В95, 1963, 1420, АД0, АД1, АЦМ, АЛ25, АЛ30, АА5056	0,6–40	нижнее, на боку	20–60	0,4–7	+	+	25–10
Алюминиевый сплав 1201	300	на боку	150	60	–	+	1
	250	на подъем	100	105	–	+	6
	350	на подъем	100	110	–	+	3
Титановый сплав ВТ6	20–90	нижнее	60	6–34	+	–	5
	400	на боку	115	110	–	–	1,67
Никелевый сплав Inconel 617	60	на боку	150	20	–	+	3–5
	90	на боку	150	23	–	+	2–3
Хромоникелевая сталь типа 18–8	10	нижнее	30–60	4–7	+	+	5
Нержавеющая сталь SUS-304	140	на боку	100	50	–	+	2,5
Сталь 10CrMo910	100	нет данных	150	30	–	+	2,2
	200		150	60	–	+	1,1
Сталь 2,25 Cr–1Mo	100	нет данных	150	22,5	–	+	1,92
	200		150	60	–	+	1,1
	270		150	60	+	–	0,83
	300		160	130	–	+	1,67
С/Мн стали: Bs4360–50	12,5	нижнее	60–150	3–9	–	+	2,5–12,5
(C = 0,18 %, Mn = 1,50 %)	75		60–160	20–50	–	+	1,67–2,5
Bs1501–224	25		60–150	8–20	–	+	2,5–8,33
(C = 0,22 %, Mn = 1,54 %)	50		60–150	15–30	–	+	1,67–4,17

ет на процессы, протекающие при ЭЛС. При сварке на низковольтных установках (ускоряющее напряжение менее 50 кВ) получают меньшую глубину проплавления, чем при сварке на высоковольтных (ускоряющее напряжение до 200 кВ). При высоком ускоряющем напряжении, согласно законам электронной оптики, уменьшаются диаметр пучка в фокусе и его угловая апертура. Поэтому отклонения от оптимальной фокусировки при высоком напряжении влияют на процесс сварки в меньшей степени: снижается требуемая погонная энергия, уменьшается ширина швов и коробление свариваемых изделий. При работе на высоковольтных установках должна быть предусмотрена защита от рентгеновского излучения.

Поскольку у хорошо сфокусированных электронных пучков диаметр равен нескольким миллиметрам, то для обеспечения одинакового и равномерного оплавления обеих кромок стыка требуется совмещение пучка с плоскостью стыка с погрешностью не более ± 1 мм.

Предварительное совмещение пучка оператор осуществляет вручную до вакуумирования камеры и включения электронного пучка. Наблюдение за процессом совмещения пучка осуществляется с помощью волоконно-оптических систем.

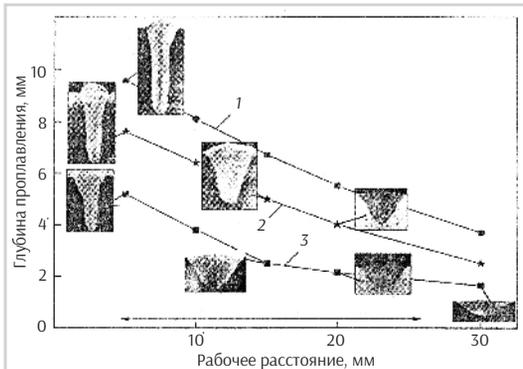


Рис. 9. Зависимость глубины проплавления стали X2CrNi189 от рабочего расстояния при скорости сварки 5 м/мин: 1 – $I_d = 40$ мА; 2 – 100 мА; 3 – 60 мА

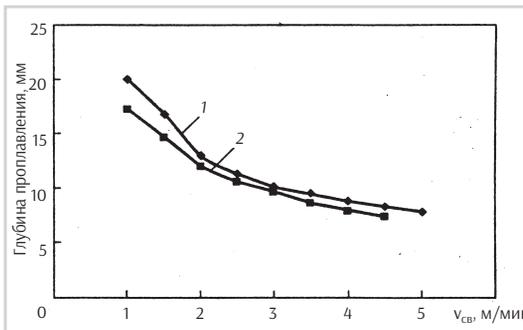


Рис. 10. Зависимость глубины проплавления стали X2CrNi189 от скорости сварки (рабочее расстояние 10 мм): 1 – $I_d = 40$ мА; 2 – 120 мА

Наиболее эффективными для наблюдения за сваркой и положением электронного пучка являются растровые телевизионные устройства, в которых используют вторичную эмиссию электронов из зоны воздействия [4].

Данный принцип используют в приборах «Прицел-2» и «Прицел-4», разработанных в ИЭС им. Е.О. Патона. Для устойчивой работы этих приборов при зазоре между кромками менее 0,1 мм производят разделку под углом $3-5^\circ$ на глубину 3–5 мм.

Для предотвращения образования дефектов в начальном и конечном участках шва используют различные методы управления мощностью электронного пучка в сочетании с постоянной, переменной и нулевой скоростью сварки. Особо ответственным процессом является замыкание кольцевых швов без образования дефектов в корневой части. Этого достигают увеличением диаметра корня шва при постепенном уменьшении глубины его проплавления. Чтобы исключить провисание шва на участке замыкания, его протяженность должна не менее чем в 4–6 раз превышать максимальную глубину проплавления. Изменение параметров режима ЭЛС (I_p , I_f , амплитуда и частота колебаний) осуществляют по определенной программе [4, 5] (Сварщик № 4, 5–2015).

Использование вакуумной защиты при ЭЛС имеет ряд серьезных преимуществ (о них говорилось ранее), но в то же время является и существенным недостатком. Поэтому одним из наиболее интенсивно развивающихся технологических процессов (за рубежом) является ЭЛС с выводом пучка электронов в инертную атмосферу или воздух (вневакуумная сварка). При выводе электронного пучка в атмосферу приходится решать проблемы минимизации рассеяния электронов и потери мощности, создания надежной защиты сварочной ванны инертным газом, защиты обслуживающего персонала от рентгеновского излучения, возникающего при торможении электронов на свариваемом изделии.

При указанном способе используют высокие ускоряющие напряжения (100–200 кВ), а зону сварки защищают гелием. Вывод электронного пучка в атмосферу осуществляют посредством системы ступенчатого вакуумирования [5, 6] (Сварщик № 5–2015).

Важным отличием ЭЛС в атмосфере от традиционной вакуумной ЭЛС является существенная зависимость глубины проплавления от рабочего расстояния, что объясняют значительным рассеянием пучка в атмосфере (рис. 9) [6]. Резкое падение концентрации энергии луча с увеличением рабочего расстояния ограничивает выбор геометрии свариваемых деталей.

До последнего времени ЭЛС в атмосфере применялась исключительно для соединения тонколистовых материалов в автомобилестроении, которое является практически единственной отраслью промышленности, где она внедрена достаточно широко. Однако возможности данной технологии и, прежде всего высокая скорость сварки (рис. 10) могут быть реализованы и в других областях машиностроения (производство кранов, судостроение) [6].

Опыт показывает, что с помощью электронного пучка можно сваривать большинство конструкционных материалов (стали, алюминиевые и титановые сплавы и др.) [1, 4, 5].

В последнее десятилетие установлен ряд существенных факторов, влияющих на свариваемость сталей с применени-

ем ЭЛС. В частности, эти стали должны быть рафинированы путем электрошлакового или вакуумно-дугового переплава. При этом хорошей свариваемостью обладают аустенитные и легированные стали с содержанием углерода менее 0,35% и фосфора плюс серы — менее 0,11%, ледебуритные с содержанием углерода 1,5–2,3%, быстрорежущие с содержанием углерода 0,75–1,4%.

Для высококачественной ЭЛС необходимо, чтобы содержание газов в свариваемых сталях не превышало содержание кислорода 60–80 ppm, а азота — 200–370 ppm (меньшие значения относятся к сварке в нижнем положении, а большие — в горизонтальном положении, т.е. на боку).

При ЭЛС высоколегированных аустенитных сталей уменьшается склонность к образованию горячих трещин в швах. При ЭЛС всех марок сталей существенно снижаются деформации и обеспечиваются требуемые механические свойства.

Результаты исследований по сварке высокопрочных бейнитно-мартенситных сталей (с пределом прочности до 1300 МПа) для возможности использования в производстве кранов приведены в [6]. Сварку образцов толщиной 6 мм производили с выводом электронного пучка в атмосферу со скоростью 2,5–3 м/мин и с подачей дополнительной присадки. Установлено, что этот способ позволяет увеличить скорость сварки в 3,5 раза и улучшить механические свойства сварных соединений по сравнению со свойствами соединений, получаемых при гибридной сварке (плазма + МИГ).

Проводились также эксперименты по применению способа ЭЛС с выводом электронного луча в атмосферу для судостроительной стали Д36 ферритно-перлитного класса толщиной 4–20 мм [6]. Подготовку кромок выполняли плазменной резкой, тонкий слой окалины удаляли щеткой. Режимы сварки с подачей присадочной проволоки и без нее приведены в табл. 4.

Образцы толщиной 15–20 мм сваривали на подкладке из флюса ОР122 фирмы «Oerlikon». Металлографические исследования показали отсутствие дефектов в виде пор и трещин. Механические свойства сварных соединений при испытании на статическое растяжение приведены в табл. 5.

Помимо испытаний на статическое растяжение производили испытания на ударную вязкость в соответствии с требованиями Германского Ллойда и стандарта DIN EN 10045. Работа удара для стандартной пробы Шарпи при –20 °С составляла 83 Дж для металла шва и 64 Дж для металла в ЗТВ, что значительно выше значения 47 Дж, требуемого стандартом.

Для расширения номенклатуры марок сталей, хорошо свариваемых электронным пучком, используют различные приемы ЭЛС, в том числе сварку с присадкой, сканирование луча, свар-

ку на подкладке и др. [4]. В ряде случаев применяют предварительную электронно-лучевую наплавку и оплавление свариваемых кромок.

При выполнении электронно-лучевой сварки разнородных сталей используют следующие приемы:

- смещение электронного пучка относительно стыка;
- соединение через переходные элементы из биметаллов или сплавов, обладающих хорошей свариваемостью по отношению к каждому из двух металлов;
- легирование металла шва с помощью тонких вставок, проволоки или покрытий;
- регулирование скорости охлаждения (предварительный подогрев, сканирование, расщепление электронного пучка и др.).

ЭЛС позволяет гибко управлять тепловым воздействием при изготовлении ответственных деталей и узлов из алюминиевых сплавов, предназначенных для работы в условиях высоких статических и динамических нагрузок, в том числе в условиях вакуума и низких температур. Соединения алюминиевых сплавов, выполненные ЭЛС, имеют временное сопротивление разрыву на 15–25% выше, а ширину ЗТВ в 2–3 раза меньше, чем при дуговой сварке.

Ударная вязкость металла сварного шва у алюминиевых сплавов всегда выше, чем у основного металла до сварки, а условный предел текучести практически сохраняется на уровне его значений для основного металла.

При параллельных границах зоны проплавления обеспечивается минимальный разброс показателей механических свойств соединений по толщине образцов, отсутствие угловых деформаций и сравнительно невысокий уровень остаточных сварочных напряжений.

Поперечные укорочения и угловые деформации при однопроходной ЭЛС алюминиевых сплавов толщиной 2–250 мм в 2–4 раза меньше, чем при аргонодуговой сварке [4]. Припуски на механическую обработку могут не превышать 5% от толщины заготовок при сварке листов и 2% от толщины стенки при сварке цилиндрических обечаек.

Таблица 4. Режимы сварки образцов из стали Д36

№ образца	Толщина образца, мм	Ток луча, МА	Скорость сварки, м/мин	Рабочее расстояние, мм	Скорость подачи проволоки, м/мин	Номер прохода	Вид присадки
66	4	110	4,5	10	–	1	–
59	10	140	2,2	10	–	1	–
59	10	50	1,4	15	10	2	Autrod 12.58
36	15	140	1,5	10	–	1	–
36	15	65	1	10	7	2	G3Si
25	20	135	1	10	2,2	1	G3Si

Таблица 5. Механические свойства* сварных образцов из стали Д36

Толщина свариваемого металла, мм	σ_p , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	ε , %
4	513	357	14
10	552	379	11
15	581	386	11

* механические свойства основного металла: $\sigma_B = 490–630$ МПа, $\sigma_{0,2} = 355$ МПа, $\varepsilon = 21\%$. Образцы разрушались по ОМ

Для получения качественных соединений, выполненных ЭЛС обычно используют следующие технологические приемы: сварку с программированием тепловложения в пределах пятна нагрева или относительно свариваемых кромок, сканирование электронного пучка с преломлением траектории на двух уровнях, сварку на повышенных скоростях со сквозным проплавлением металла в стыке при повышенной мощности электронного пучка. Программирование тепловложения в пределах пятна нагрева предполагает изменение длительности нахождения электронного пучка на различных участках траектории его дискретного перемещения, что исключает перегрев металла под влиянием термического цикла сварки. Наиболее значительного эффекта достигают при сварке алюминиевых сплавов больших толщин, с широким зазором и при соединении элементов с различной теплопроводностью.

Однопроходная сварка со сквозным проплавлением при повышенной мощности элек-

тронного пучка обеспечивает формирование оптимальной формы шва с плавным переходом к основному металлу. Этот способ можно применять при соединении деталей переменной толщины на неизменном режиме. С помощью системы программирования режимов сварки можно сваривать детали переменного сечения. Использование сканирования пучка и программированного тепловложения в сочетании с подачей присадочной проволоки позволяет снизить требования к точности сборки стыка, обеспечивая качественное формирование швов при зазорах до 3,0 мм для металла толщиной 50–100 мм.

Избежать образования дефектов на участке перекрытия кольцевого шва при ЭЛС изделий из алюминиевых сплавов можно посредством отдельного управления силами тока-пучка и магнитной фокусирующей линзы с применением программирующих устройств. При этом сила тока пучка на участке перекрытия должна быть плавно увеличена на 10–30%, а магнитной фокусирующей линзы — уменьшена на 94–96% от соответствующих значений, на которых выполнялась сварка стыка. Протяженность участка перекрытия может находиться в пределах одной-трех толщин свариваемых кромок. Таким же способом можно исправить дефекты сварных соединений, когда они расположены на ограниченных участках по длине шва и могут быть вторично переплавлены.

Электронно-лучевая сварка является весьма эффективным способом для соединения активных металлов и сплавов, к которым принадлежит и титан.

Установлено, что ЭЛС требует очень точной сборки титановых изделий и строгого соблюдения требований к допускаемой величине зазора между свариваемыми кромками деталей (рис. 11).

Свойства швов титановых сплавов, полученных при ЭЛС, во многом определяются качеством подготовки кромок. Поэтому подготовка кромок должна быть проведена очень тщательно с применением обезжиривания, травления, промывки, механической очистки и тепловой обработки электронным лучом перед сваркой.

Одним из наиболее часто встречающихся дефектов в швах при сварке титановых сплавов являются поры, поперечный размер которых 0,01–1,2 мм. Поры располагаются вблизи линии сплавления и по оси шва. Минимизации количества пор достигают за счет выбора условий и режимов сварки, среди которых важнейшим параметром является скорость сварки [4]. Рекомендуемая скорость сварки при толщине металла 30 мм — не более 5 мм/с. После сварки следует выполнять локальную термическую обработку сварного соединения электронным пучком.

Приведенные на рис. 12 данные позволяют ориентировочно определить исходные параметры ЭЛС титанового сплава толщиной до 75 мм.

В нижнем положении на весу можно сваривать титановые сплавы толщиной до 80 мм. При сварке на боку получают швы глубиной до 200 мм.

При сварке некоторых титановых сплавов необходимо использовать присадки. Однопроходная ЭЛС титановых сплавов обеспечивает более прочные и стабильные по механическим свойствам швы, чем многослойная аргонодуговая сварка с присадкой.

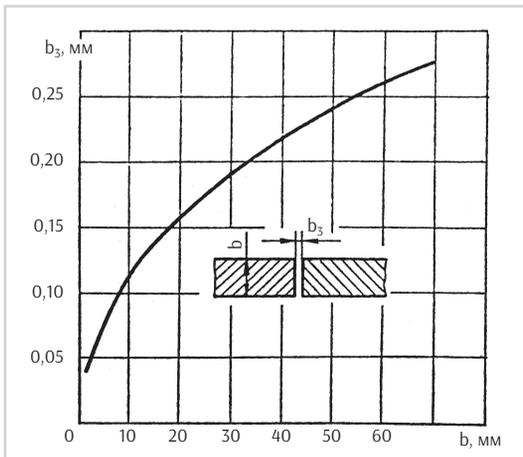


Рис. 11. Зависимость допустимой ширины зазора в стыке при ЭЛС от толщины листов титана

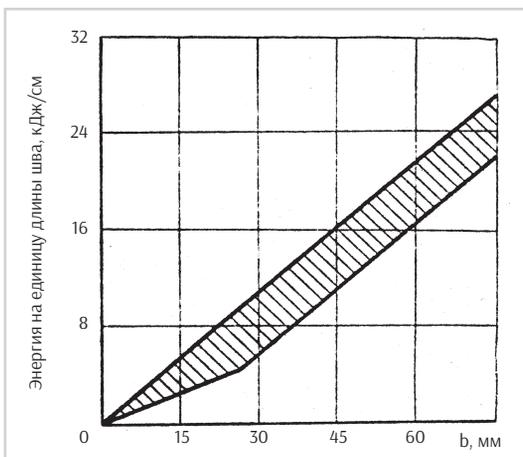


Рис. 12. Зависимость величины энергии на единицу длины шва от толщины свариваемых титановых сплавов

Нанесение покрытий из композиционных порошковых материалов детонационным методом

Е. К. Фень, канд. техн. наук, НТТУ «КПИ», Институт проблем материаловедения НАНУ (Киев)

В современной технике имеется большая номенклатура деталей, работающих в значительном диапазоне температур — от отрицательных до 1200 °С, рабочие поверхности которых нуждаются в упрочнении или восстановлении их с помощью износо-, жаростойких и жароизносостойких покрытий. Для нанесения таких покрытий на небольшие площади напыления предложен детонационный метод. Разработано несколько видов композиционных порошковых материалов для детонационного напыления. Исследованы основные физико-механические свойства покрытий: интенсивность изнашивания при комнатной температуре; износ при фреттинге при комнатной и повышенных температурах; прочность сцепления покрытий с основой из различных материалов; твердость; жаростойкость и остаточные напряжения в покрытиях.

При восстановлении изношенных и упрочнении новых изделий для каждого вида условий работы деталей машин и механизмов требуется точный подбор определенного химического состава материала покрытия и метода его нанесения. Потому, актуальной задачей является разработка новых материалов покрытий и метода их нанесения. Таким методом, в данной работе, выбрано детонационное напыление. Сверхзвуковые (плазменный и электродуговой) методы напыления, а также обычный плазменный метод напыления покрытий, рассмотрены в работах [1–2].

Детонационный метод нанесения покрытий применяется, когда площадь напыляемой детали не более 10–12 см², т.е. там, где требуется нанесение небольшого количества напыляемого материала и его расход составляет не менее 80 % от исходного количества. Пористость таких покрытий составляет менее 1 %.

При детонационном методе нанесения покрытий обычно применяют установки марок АДУ-ЗСЛ, Молния, Днепр-2, АДК-1М, ДНП-5 и другие, где в качестве энергоносителя используют ацетилен-кислородные (или пропан-бутан-кислородные) смеси, с добавками азота в качестве транспортирующего газа, для подачи порошка в ствол установки и продувки ствола после каждого выстрела.

Разработан ряд композиционных порошковых материалов для износо-, жаростойких и жароизносостойких покрытий (на них получены соответствующие документы), химический состав которых и их процент-

ное соотношение между собой на основе Ni-Cr-(Co)-Al-(YH₂)-Y сплава, с добавками других металлов (ниобий, молибден, цирконий, гафний, вольфрам, медь), металлоидов (бор, кремний) и тугоплавких соединений (карбиды — титана, хрома, ванадия; нитриды — алюминия, бора, кремния; оксид кремния; дисульфид молибдена) подобраны с таким учетом, чтобы при формировании структуры покрытий в ней содержалось не менее 20–25 % упрочняющих фаз [3], от количества которых зависит жаростойкость покрытия. Когда основной составляющей покрытия является γ-фаза, покрытия будут работать при высоких рабочих температурах.

Покрытия получали детонационным методом напыления на установках АДУ-ЗСЛ и Днепр-2 при следующих технологических режимах: расход ацетилена — 20 л/мин (пропан-бутана — 65 л/мин), расход кислорода — 24 л/мин (20 л/мин), расход азота — 32 л/мин (35 л/мин), расход порошка — 50 мг/выстрел (70 мг/выстрел), дистанция напыления — 120 мм (150 мм), скорострельность установки — 3 выстрела/с, зернистость порошка — 10–63 мкм (20–63 мкм), толщина покрытия — 250–350 мкм.

Разработанные композиционные материалы на основе Ni-Cr-(Co)-Al-(YH₂)-Y получали способом расплавления данной основы с добавками других компонентов (металлов и металлоидов с температурой плавления не более 200–300 °С) в индукционной печи в вакууме (кроме тугоплавких соединений), с последующим распылением их в защитной атмосфере высоко очищенного азота на установке УРС-40 ИПМ НАНУ до получения порошков с размером частиц 20–40 мкм. Распыленный материал смешивали механическим способом с тугоплавкими соединениями в специальных шнеках; а также получали по-

рошки методом плакирования на установке ЛУВМП (разработки ОТИПП) в вакууме 10^{-2} – 10^{-3} Па или методом конгломерирования данных композиционных порошков на органических связках в специальной установке.

Исследования показали, что для детонационного напыления покрытий нужны порошки из сплавов с размером частиц 20–40 мкм, а для тугоплавких соединений — с размером частиц 10–20 мкм.

Данные материалы покрытий наносили на подложки из следующих марок сталей и сплавов: сталь 45, ЭИ598, ЖС6У, ВЖЛ-12У, ВТЗ-1.

Рентгеноструктурные исследования исходных порошковых материалов и покрытий из них проведены на дифрактометре типа ДРОН-3,0, в монохроматизированном $Mo_{K\alpha}$ излучении. Судя по рентгеноструктурным исследованиям, покрытия различных составов являются однородными пересыщенными твердыми растворами: основу покрытий составляет γ -твердый раствор хрома в никеле с добавками твердосплавных включений — карбидов, нитридов или оксидов.

Металлографические исследования, проведенные на микроскопе <Neophot-2>, показали, что микроструктура данных жароизносостойких покрытий имеет смешанный характер, с эвтектической структурой исходного материала и фаз внедрения, являющимися базовыми карбидами, нитридами или оксидами. Пористость исследуемых жароизносостойких покрытий не превышала 1%.

Определены основные физико-механические свойства покрытий, полученных из предлагаемых композиционных порошковых материалов.

Прочность сцепления покрытий с основой определялась методом «конусного штифта» на разрывной машине марки МР-5, с диаметром иглы в основании 2,0–2,5 мм [4]. Образцы перед напылением обезжировали и пескоструили. Так прочность сцепления исследуемых покрытий разных составов (толщина слоя 250–300 мкм) составляет: со сплавом ЖС6У — 85–92 МПа, со сплавом ВЖЛ12-У — 68–70 МПа, со сплавом ЭИ598 — 73–80 МПа, с титановым сплавом ВТЗ-1 — 83–115 МПа и со сталью 45 — 67–81 МПа соответственно.

Испытание на износ на воздухе при трении скольжении без смазки исследуемых покрытий проводили на машинах трения МТ-66, СМЦ-2 и УМТ-1 (ГОСТ 26614-85) при нагрузках $P = 1$ –2 МПа, скорости скольжения 1 м/с, температуре $T = 20$ °С. Износ поверхности покрытий из износостойких материалов при нагрузке $P = 1$ МПа составляет 9–12 мкм/км, а при нагрузке $P = 2$ МПа — 14–18 мкм/км соответственно, в зависимости от состава шихты и процентного соотношения ее состава. Контртелом служил вольфрамовый сплав марки ВК-8 (ГОСТ 3882-74). Для жароизносостойких материалов покрытий, при скорости скольжения 0,5 м/с, нагрузке $P = 1$ МПа и температуре $T = 20$ °С износ покрытий составляет 5–8–15 $mm^3/1000m \cdot cm^2$, при шероховатости поверхности испытываемых материалов $R_a = 0,63$ –0,32 (ГОСТ 2789-73).

Коэффициент трения для всех исследуемых материалов покрытий, при испытании их на воздухе при сухом трении скольжении без смазки, не превышает 0,2–0,25 и зависит, главным образом, от состава и свойств оксидных пленок, образующихся при трении, и мало зависит от скорости скольжения и нагрузки вследствие преобладания окислительного износа. Образующиеся пленки оксидов (вторичных структур) на поверхности покрытий являются как бы сухой смазкой и были изучены на электронографе ЭМР-100.

Химическим и рентгеноспектральным анализом установлено, что в условиях сухого трения скольжения на воздухе материал подложки существенно не влияет на закономерность трения и износа жароизносостойких покрытий.

Испытания на износ при фреттинге проводили на машине трения МФК-1 разработки Национального авиационного университета [5], с использованием пары образцов с одноименным покрытием (для каждого материала не менее 3-х пар образцов) после их доводки до толщины 200–250 мкм и шероховатости поверхности $R_a = 0,63$ –0,32. Режимы испытаний: удельная нагрузка $P = 5$ МПа, амплитуда виброперемещений $A = 1$ мм, частота колебаний $f = 30$ Гц, температура испытаний $T = 20$ °С, $T = 300$ –500 °С и 400–700 °С, база испытаний $N = 2,5 \cdot 10^5$ циклов. Износ при фреттинге для износостойких и жаростойких покрытий при температуре испытаний 20 °С находится в пределах 20–28–32 мкм, при 300–500 °С — 25–30 мкм; а для жароизносостойких покрытий при 400–700 °С составляет 5–9 мкм.

Твердость по Роквеллу (толщина покрытия 250–300 мкм) измерялась на приборе марки ТК-201 (ГОСТ 9013-75) и составляет 64–67 НРА, в зависимости от материала покрытий, при шероховатости поверхности шлифа $R_a = 0,32$ –0,16.

Жаростойкость покрытий (кинетику высокотемпературного окисления) изучали методом ДТА на дериватографе « θ -1000», в интервале температур от 20 °С до 1000–1100 °С со скоростью нагрева 10 °С/мин до температуры работы покрытия. Жаростойкость покрытий при испытании в течение 4-х часов составляет: при температу-

ре 1000 °С — 1,0–1,8 г/м², а при температуре 1100 °С — 1,7–2,3 г/м² привеса в зависимости от состава покрытия и процентных соотношений компонентов в них.

Остаточные напряжения в покрытиях определяли методом послойного травливания напряжённых слоев по методу Давиденкова Н. Н. [6]. Во всех материалах покрытий присутствуют напряжения сжатия, максимум которых составляет 270–380 МПа и находится на расстоянии 30–50 мкм от подложки. По мере удаления от подложки остаточные напряжения уменьшаются в направлении поверхности покрытия, где происходит их полная релаксация.

Результаты испытаний на прочность сцепления покрытия с основой, интенсивность изнашивания при трении скольжении, износ при фреттинге, твердость, жаростойкость и остаточные напряжения, при определении физико-механических свойств покрытий, обрабатывались в соответствии с ГОСТ 23.211-80.

Основываясь на проведенных исследованиях, можно отметить, что получен ряд композиционных порошковых материалов с высокими физико-химическими свойствами для ряда жароизносостойких покрытий. Детонационный метод нанесения покрытий и полученные материалы для покрытий могут найти широкое применение в различных сферах современной техники, детали машин и конструкций которых работают при высоких температурах.

Литература

1. Фень Е. К. Износо- и жароизносостойкие материалы покрытий для сверхзвукового плазменного и электродугового напыления // Сварщик.— 2011.— № 1.— С. 32–35.
2. Фень Е. К. Нанесение покрытий на основе композиционных порошковых материалов плазменным напылением // Сварщик.— 2015.— № 6.— С. 8–9.
3. Фень Е. К. Влияние добавок из различных материалов на физико-механические свойства покрытий на основе Ni-Cr при газотермическом напылении // Сварщик.— 2012.— № 3.— С. 16–18.
4. Шаривкер С. Ю., Ляшенко Б. А., Рихин В. В., Астахов Е. А. Исследование прочности сцепления детонационно-напыленных покрытий // Проблемы прочности.— 1973.— № 3.— С. 35–38.
5. Фреттинг-коррозия металлов / Н. Л. Голего, А. Я. Алябьев, В. В. Шевеля.— К.: — Техника.— 1970.— 271 с.
6. Давиденков Н. Н. Измерение остаточных напряжений // ЖТФ.— вып. 1.— 1931.

● #918

12 – 15 апреля 2016 г.

г. Санкт-Петербург

18-я Международная научно-практическая конференция

«ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ, НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ И РЕМОНТА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»

В рамках конференции пройдут
школы-семинары:

- НАПЛАВКА, НАПЫЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ – ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ
- УПРОЧНЕНИЕ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ИНСТРУМЕНТА, ШТАМПОВ, ПРЕСС-ФОРМ И ДРУГОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ



Организаторы:

- Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
- НПФ «Плазмацентр»



www.technoconf.ru

Заявки на участие принимаются:

тел.: +7 (812) 444 93 37
+7 (921) 973 46 74

e-mail: info@plasmacentre.ru

Определение доли адгезионного и когезионного разрушения покрытия, напыленного плазмой

А. Н. Лаптева, Ю. С. Дмитренко, Н. П. Пасько, О. Г. Быковский, д-р техн. наук, Запорожский национальный технический университет, А. В. Чечет, С. Н. Мацюк, АО «Мотор-Сич» (Запорожье)

Работоспособность напыленных плазменным методом покрытий в значительной мере зависит как от прочности сцепления напыленного слоя с подложкой (обеспечивается действием сил адгезии), так и от прочности сил сцепления напыленных частиц между собой (обеспечивается действием сил когезии). Механические свойства напыленного слоя определяются соотношением этих сил, разрушение носит адгезионно-когезионный характер, однако, какова доля той или другой составляющей остается неопределенным.

Если на подложку напыляется отличающийся по цвету материал другого состава, появляется возможность количественно оценить долю адгезионной и когезионной прочности при рассмотрении фрактограммы излома.

Исследование проводилось с использованием пары «втулка-штифт», диаметр последнего равнялся 10 мм. На испытываемую шероховатую поверхность ($R_z = 80-85$) из стали Ст3 на оптимальном режиме наносили с помощью токоведущей проволоки ПП-100X15M2Г2Р плазменное покрытие толщиной 0,8–0,9 мм, после чего образцы подвергались разрыву на машине ИР-100.

Полученные фрактограммы изломов (рис. 1, а) увеличивали в размерах (рис. 1, б). Вследствие того, что напыленный слой близок по составу и цвету к нержавеющей стали, переносили на кальку все темные адгезионные участки, которые потом преобразовывали в эквивалентные по площади геометрические фигуры. Методом секущих линий измеряли величину площадей всех темных участков. Точность определения доли адгезии (рис. 2) зависит от количества наносимых секущих линий, и там, где кривые начинают выполаживаться (при проведении 18–20 линий), подсчет останавливали. Как видно из рис. 2, доля адгезионного разрушения может колебаться в пределах 50–90%. При этом не все участки могут

быть учтены вследствие их незначительных размеров, а сам метод подсчета отличается высокой трудоемкостью.

Для повышения точности и облегчения подсчета была разработана компьютерная программа в системе MatLab, которая автоматически считывает данные с фрактограммы, предварительно обработанной в фотошопе, так, чтобы на ней остались только белые и черные участки (рис. 1, б).

Программу запускали, указывая адрес фотографии, после чего она автоматически считывала со снимка количество белых и черных пикселей. Оказалось, что качественная оценка долей разрушения напыленного слоя сохраняется при обоих способах подсчета, однако большая точность достигается при компьютерном подсчете (табл. 1).

Анализируя данные табл. 1 можно отметить, что разрушение напыленного слоя носит преимущественно адгезионный характер, хотя и доля когезионной прочности находится на достаточно высоком уровне. Здесь необходимо соблюдать разумный баланс: напыленный слой должен сохранять свою работоспособность без отслоения от подложки.

В случае малой величины адгезионной прочности возникает необходимость в нанесении промежуточного буферного слоя.

Например, в авиа- и моторостроении такая технология используется при плазменном напылении на некоторые детали тракта газовой турбины специального теплозащитного слоя, напыленного плазмой порошкообразными материалами. Вначале на рабочую поверхность детали из сложнолегированного сплава мар-

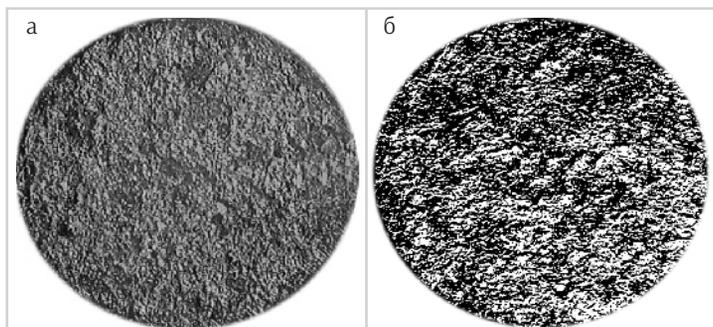


Рис. 1. Фрактограмма излома: а – напыленного покрытия, б – она же, обработанная в фотошопе (x50)

Таблица 1. Результаты подсчетов когезионной и адгезионной долей разрушения напыленного слоя

№ образца	Вручную		По компьютерной программе	
	Когезия, %	Адгезия, %	Когезия, %	Адгезия, %
1.2	25	75	40	60
2.1	22	78	34	66
2.3	24	76	36	64
3.2	46	54	32	68

Таблица 2. Прочность сцепления слоев плазменного покрытия, нанесенного порошкообразными материалами и характер их разрушения

Наименование слоя	Прочность сцепления, МПа	Доля разрушения слоя, %	
		адгезионная	когезионная
Подслой	12	30	70
Теплозащитный слой	14	28	72
Подслой + теплозащитный слой	18	24	76

ки ХН70ВМТЮБ наносится промежуточный подслои порошком ПН70Ю30 (70% Ni + 30% Al), после чего напыляется основной рабочий теплозащитный слой порошком ПЦПК6ЗН30 (70% ZrO₂ + 30% Ni).

Проведено исследование изменения прочности и характера разрушения таких плазменных покрытий, нанесенных порошкообразными материалами.

Исследуемые порошки наносились на предварительно подготовленную шероховатую (R_z = 30–35) поверхность образцов штифтовой пробы из стали Ст3 плазматронном МЕТСО 9МС на оптимальном режиме так, чтобы толщина напыленного слоя во всех случаях равнялась 0,8–0,9 мм.

После проведения испытаний на отрыв и обработки фрактограмм изломов было

НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

Согласно технологического процесса изготовления сварной конструкции, температура пода печи для выполнения термической обработки должна быть не меньше 100 °С. В то же время по требованию термистов ее ограничивают 43 °С. Объясните, требования каких норм и стандартов по охране труда помогут достичь компромисса?

(г. Харьков, ПАО «Турбоатом», Вавилов А. В.)

Указом Госгорпромнадзора Украины № 315 от 18.12.2007 г. утверждены «Правила охраны труда при термической обработке металлов».

Согласно п. 39 для снижения температуры поверхностей оборудования и уменьшения степени нагрева воздуха на рабочих местах следует предусмотреть теплоизоляционные устройства. Температура на поверхности оборудования не должна быть выше 43 °С согласно ГСТУ EN 563-2001 «Безопасность машин. Температура поверхностей, доступных к прикосновению. Эргономические данные для установления граничных значений температуры горячих поверхностей».

Согласно ГСТУ EN 563-2001 значение 43 °С предусмотрено для материала металл

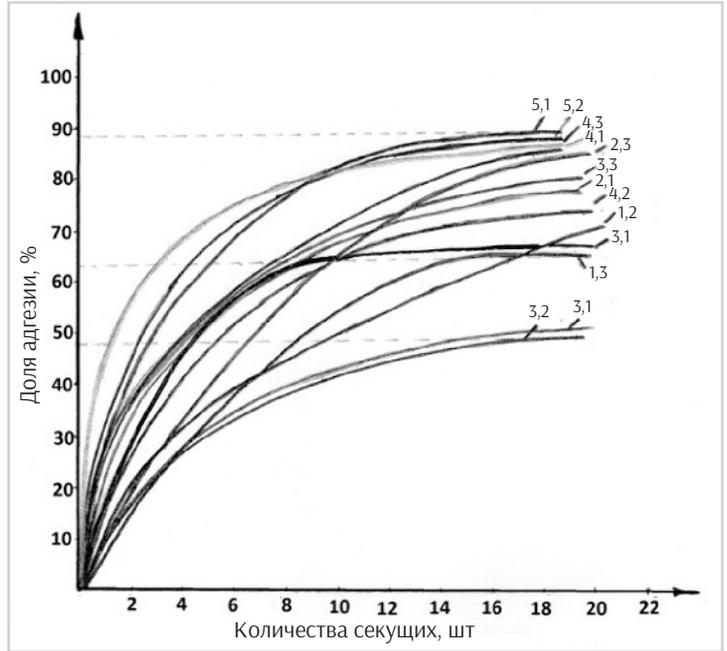


Рис. 2. Степень точности определения доли адгезии в зависимости от количества секущих линий (1.2; 1.3, и т.д. – номера обработанных образцов) установлено, что прочность сцепления покрытий с подслоем выше, по сравнению с прочностью сцепления подслоя и теплозащитного покрытия в отдельности, несмотря на некоторое снижение адгезионной прочности (табл. 2). При этом когезионная составляющая прочности несколько возрастает, что по-видимому благоприятно сказывается на теплозащитных свойствах покрытия в целом. ● #919

без покрытия и материал с покрытием при длительности контакта 8 ч и более. В вашем случае, в соответствии с ГСТУ EN 563–2001, для работников обязательно использование средств индивидуальной защиты (СИЗ), со ссылкой на п. 4.2. «Значения ожоговых порогов» и табл. 1.

В соответствии с ГСН 3.3.6.042-99 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений», согласно п. 2.7., при невозможности обеспечить техническими средствами допустимые гигиенические нормативы облучения на рабочих местах, используются СИЗ – спецодежда, спецобувь, средства для защиты головы, глаз, лица и рук.

Спецодежда должна иметь защитные свойства, которые исключают возможность нагрева ее внутренних поверхностей на любом участке до температуры 313 К (40 °С) согласно стандартам (ГОСТ 12.4.176-89, ГОСТ 12.4.016-87).

Согласно п. 2.10., при проведении ремонтных работ внутри промышленного оборудования и агрегатов (печах, ковшах, регенераторов и др.) с температурой воздуха 28–40 °С и температурой ограждений до 45 °С, придерживаются режима работы и отдыха соответственно величинам, приведенным в табл. 5 (ГНАОП 0.03-1.23-82).

Для удобства выбора СИЗ можно воспользоваться кодом классификатора профессий ГК 003:2005, где указаны наименования СИЗ и обозначены их защитные свойства (тип, марка).

Ответ подготовили: **Лукияненко Г. О., Демченко Ю. В.**

● #920

Порошковая проволока и технология наплавки тонколистовых конструкций, подвергающихся абразивному изнашиванию

И. А. Рябцев, д-р техн. наук, **И. А. Кондратьев**, канд. техн. наук, **А. А. Бабинец**, канд. техн. наук, **А. Г. Тихомиров**, инж., «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

В горнодобывающей и металлургической промышленности эксплуатируется большое количество машин и механизмов, в конструкции которых используются тонкие стальные листы (≤ 4 мм), располагающиеся в зонах интенсивного абразивного изнашивания. Опыт показывает, что для наплавки таких листов необходимо использовать порошковые проволоки небольшого диаметра — $\leq 1,6$ мм. Однако, наплавочные порошковые проволоки такого диаметра, обеспечивающие получение высокоизносостойкого наплавленного металла, отечественной промышленностью практически не изготавливаются. Поэтому первоочередной задачей является разработка таких порошковых проволок для наплавки износостойких слоев на тонколистовые конструкции.

Для условий абразивного изнашивания в ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ была разработана порошковая проволока ПП-АН192, обеспечивающая получение наплавленного металла системы легирования Fe-C-Cr-Ti-Mo. По техническим условиям ТУУ 28.7.05416923.066-2002 предусмотрено изготовление порошковой проволоки ПП-АН192 диаметрами в диапазоне 2,0–3,0 мм. Именно для этих диаметров по соответствующей технологической инструкции рассчитывается состав шихты порошковой проволоки и выбирается коэффициент ее заполнения.

Поскольку порошковая проволока предназначена для наплавки различных по форме тонколистовых конструкций, то наилучшим образом для этого подходит проволока ПП-АН192 в самозащитном варианте. Коэффициент заполнения наплавочных порошковых проволок диаметром менее 1,6 мм, при использовании в качестве их оболочки холоднокатаной ленты из малоуглеродистой стали толщиной 0,4 мм, обычно составляет $(20 \pm 2)\%$. Металл, наплавленный порошковой проволокой ПП-АН192, имеет высокую степень легирования. По этой причине состав газшлакообразующей части шихты порошковой проволоки должен быть минимальным по массе.

Предварительно необходимо сделать выбор газшлакообразующей системы порошковой проволоки, которая бы обеспечивала наилучшие сварочно-технологические свойства. Для этой цели изготовили четыре варианта самозащитной порошковой проволоки ПП-АН192 $\varnothing 1,8$ мм с различными систе-

мами газшлакообразующих компонентов: $\text{CaO} + \text{TiO}_2 + \text{MgO} + \text{CaF}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (проволока с условным обозначением ПП-АН192-1); $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{CaF}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (проволока — ПП-АН192-2); $\text{CaO} + \text{CaF}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (проволока — ПП-АН192-3); $\text{CaO} + \text{CaF}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 +$ крахмал (проволока — ПП-АН192-4).

Была произведена экспертная оценка сварочно-технологических свойств (характер переноса металла, покрытие шлаком наплавленных валиков, наличие пор) самозащитных порошковых проволок всех четырех типов. Перенос оценивался баллами: 1 — мелкокапельный; 2 — крупнокапельный; 3 — смешанный; степень покрытия шлаком — в процентах; наличие пор характеризовалось двумя показателями — «нет» или «есть».

Для оценки сварочно-технологических свойств производили наплавку образцов на одинаковом токе — 200–230 А и скорости наплавки — 20 м/ч. Так как решающее влияние на образование пор при наплавке самозащитными порошковыми проволоками оказывает напряжение, то его изменяли от 24 В и выше до появления пор в наплавленном металле для каждого типа порошковой проволоки (табл. 1).

По результатам экспертной оценки было установлено, что из четырех порошковых проволок наилучшим комплексом сварочно-технологических свойств обладает самозащитная порошковая проволока ПП-АН192-1. Ее взяли за основу для дальнейших экспериментов по наплавке, при этом для стабилизации горения дуги и уменьшения разбрызгивания в состав шихты вводили нефелиновый концентрат. Общая масса газшлакообразующей части шихты самозащитной порошковой проволоки не превышала 5 %, что позволило без

затруднений изготавливать самозащитную порошковую проволоку ПП-АН192 диаметром 1,6 мм. Проволока обладает хорошими сварочно-технологическими свойствами, усвоение титана при наплавке открытой дугой составляет 70–75%.

Для изучения структурных превращений в наплавленном металле системы легирования Fe-C-Cr-Ti-Mo в процессе одно- и многослойной дуговой наплавки проведены дилатометрические исследования. Образцы для исследований в быстродействующем дилатометре вырезаны из четвертого слоя многослойного наплавленного металла.

Первоначально исследовали превращения в наплавленном металле, имитируя наплавку одиночного валика. Нагрев образцов до 1200 °С выполняли со скоростью 150 °С/с, охлаждение – со скоростью 20 °С/с, близкой к реальной скорости охлаждения при наплавке. Расчетная температура охлаждения образцов составляла 200 °С, реальная – 180±10 °С.

На ветви нагрева в интервале температур 350–650 °С наблюдается увеличение длины, что отвечает превращению остаточного аустенита (рис. 1, а). Выше 650 °С длина образца уменьшается, что соответствует окончанию превращения остаточного аустенита и началу карбидного превращения. Температура окончания карбидного превращения находится в интервале 780–820 °С. Превращение из $\alpha \rightarrow \gamma$ -фазу происходит при температурах 855–870 °С

Таблица 1. Результаты оценки сварочно-технологических свойств самозащитных порошковых проволок типа ПП-АН192

№ проволоки	Напряжение, В	Покрывание шлаком, %	Разбрызгивание, баллы	Поры	Вид переноса, баллы
ПП-АН192-1	24	100	1	нет	3
	28	100	2	нет	3
	32	100	2	есть	4
ПП-АН192-2	24	100	1	нет	3
	28	80	1	есть	3
	32	60	3	есть	4
ПП-АН192-3	24	100	1	нет	3
	28	100	2	нет	3
	32	80	3	есть	4
ПП-АН192-4	24	90	1	нет	2
	28	90	2	нет	3
	32	90	2	нет	3
	34	90	2	нет	3
	36	90	2	нет	3

(A_{C1} – начало превращения) и 970–975 °С (A_{C3} – конец превращения). При дальнейшем повышении температуры или увеличении времени выдержки в образовавшемся аустените растворяются карбиды.

В процессе охлаждения распад аустенита не наблюдается. Не происходит он и после выдержки образцов в течение 6 ч при температуре 180 °С, имитирующей предварительный и сопутствующий подогрев при длительной многослойной наплавке. Последующее замедленное охлаждение в течение 30 мин приводит к образованию мартенсита ($M_n = 170$ °С). Превращение не заканчивается полностью при охлаждении до комнатной температуры, а продолжается в изотермических условиях, и после выдержки в течение 12 ч содержание мартенсита в наплавленном металле возрастает на величину, пропорциональную отрезку K_1K_2

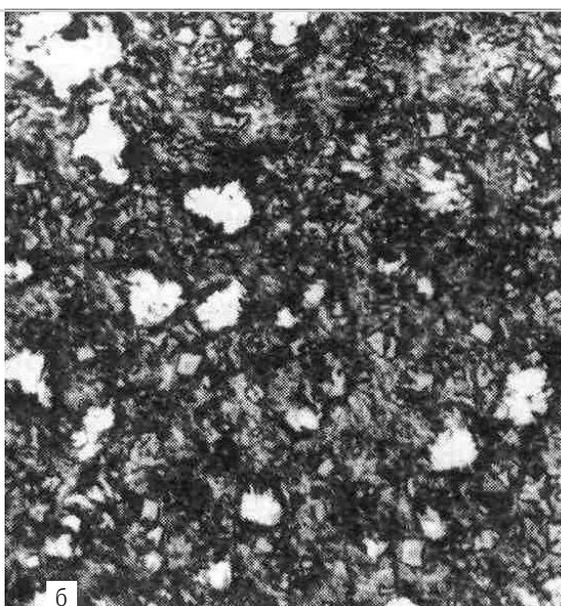
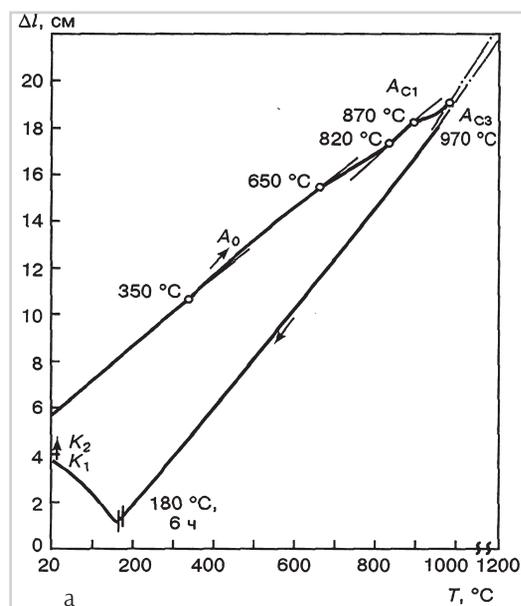


Рис. 1. Дилатометрическая кривая при нагреве и охлаждении наплавленного металла системы легирования Fe-C-Cr-Ti-Mo (а), и его микроструктура (×1000) (б); Δl – показания по шкале дилатометра

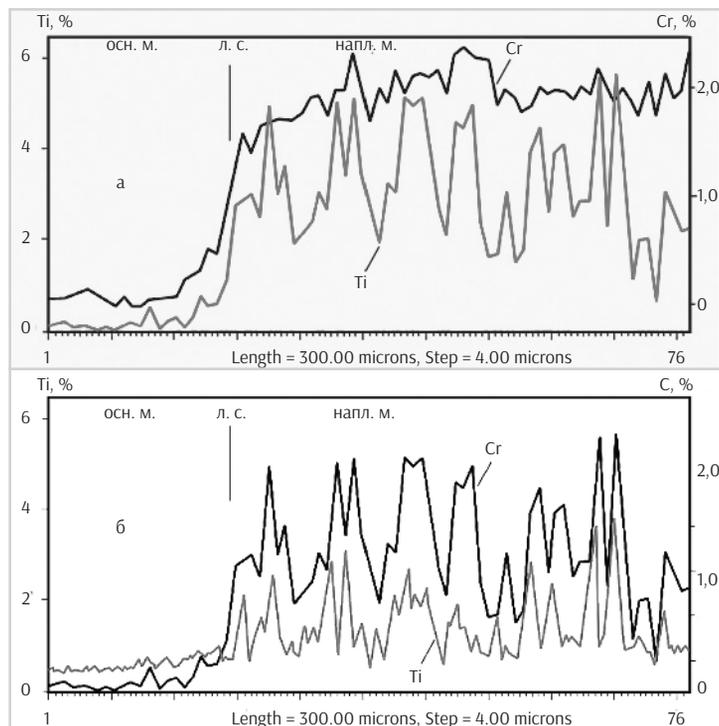


Рис. 2. Распределение основных легирующих элементов в 3ТВ при наплавке проволокой ПП-АН192 образца из стали Ст3: а – Cr и Ti, б – C и Ti

(рис. 1, а). Это свидетельствует о том, что в структуре наплавленного металла сохраняется некоторое количество остаточного аустенита.

Исследования микроструктуры наплавленного металла системы легирования Fe-C-Cr-Ti-Mo подтвердили данные дилатометрии (рис. 1, б).

На микрорентгеноспектральном анализаторе исследовали распределение основных легирующих элементов в зоне сплавления при однослойной наплавке самозащитной порошковой проволокой ПП-АН192 (рис. 2, а, б). В металле, наплавленном порошковой проволокой ПП-АН192, практически весь титан связывается в карбиды в соотношении с углеродом 4:1, о чем свидетельствуют совпадение пиков содержания углерода и титана (рис. 2, б). Хром, в основном, легирует матрицу наплавленного металла (рис. 2, а).

Эксперименты по отработке технологии дуговой наплавки листов из стали Ст3 размерами 3×400×600 мм проводили с использованием самозащитной порошковой проволоки ПП-АН192 диаметром 1,6 мм.

Одна из основных проблем при наплавке листов толщиной 3 мм заключается в возможности образования прожогов. Вероятность образования прожогов увеличивается в процессе наплавки вследствие роста температуры наплавляемого листа и его деформации, а также расширения зазора между листом и медной подкладкой. Для снижения деформации и температуры наплавляемого листа рекомендуется с обратной стороны осуществлять его душирование водой. При наплавке листов небольших раз-

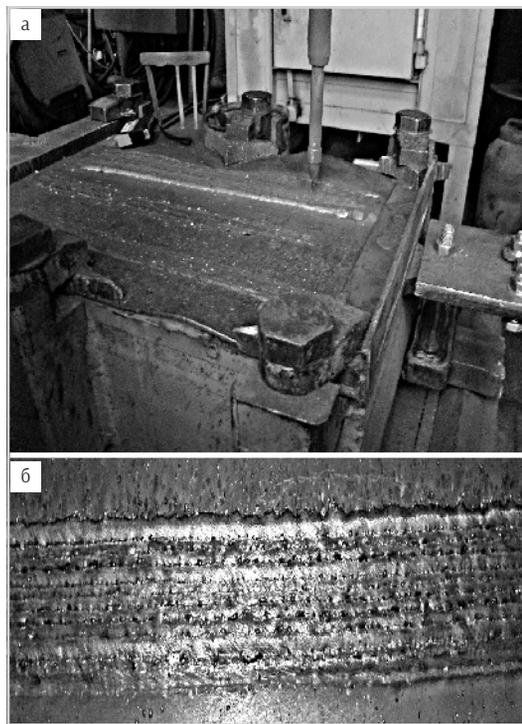


Рис. 3. Процесс наплавки стальной пластины толщиной 3 мм самозащитной порошковой проволокой ПП-АН192 (а); фрагмент наплавленного слоя (б)

меров, где применять душирование нецелесообразно, для уменьшения деформаций листы зажимали в приспособлении с прижимными планками. Режим наплавки порошковой проволокой ПП-АН192 Ø1,6 мм: ток 160–180 А, напряжение 21–22 В, скорость наплавки 30 м/ч, перекрытие соседних валиков ≈ 50 %.

При наплавке этой проволокой на поверхности наплавленного слоя трещин не обнаружено, не было и пор в наплавленном слое.

Процесс дуговой наплавки стальной пластины толщиной 3 мм самозащитной порошковой проволокой ПП-АН192 Ø1,6 мм и внешний вид наплавленного слоя приведены на рис. 3, а, б.

Исходя из вышеизложенного, сделаем выводы: усовершенствован состав шихты и изготовлена самозащитная порошковая проволока ПП-АН192 диаметром 1,6 мм; изготовлено приспособление, разработаны техника и технология наплавки этой проволокой стальных листов толщиной 3 мм. Твердость однослойного металла, наплавленного проволокой ПП-АН192, составляет HRC 56-60.



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) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Техника выполнения швов*

Сварка таврового соединения многопроходным швом в нижнем положении с применением поперечных колебаний электрода. На практике довольно часто встречаются случаи, когда необходимо производить сварку угловых швов большого сечения в нижнем положении. Обычно для этого используют многопроходную сварку с применением техники поперечных колебаний электрода.

Сварка данного типа соединения производится на обратной полярности. Сварочный ток устанавливается относительно

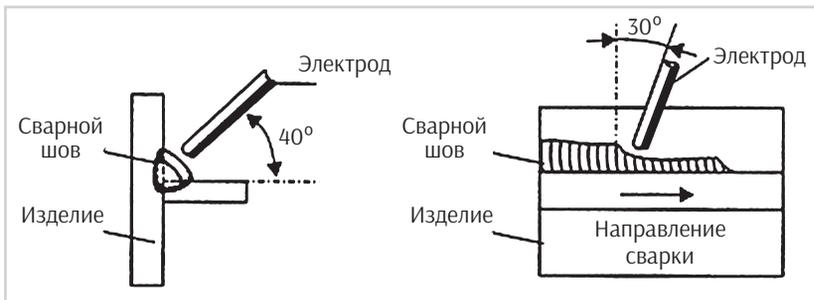


Рис. 20. Положение электрода при сварке таврового соединения многопроходным швом в нижнем положении с применением поперечных колебаний электрода

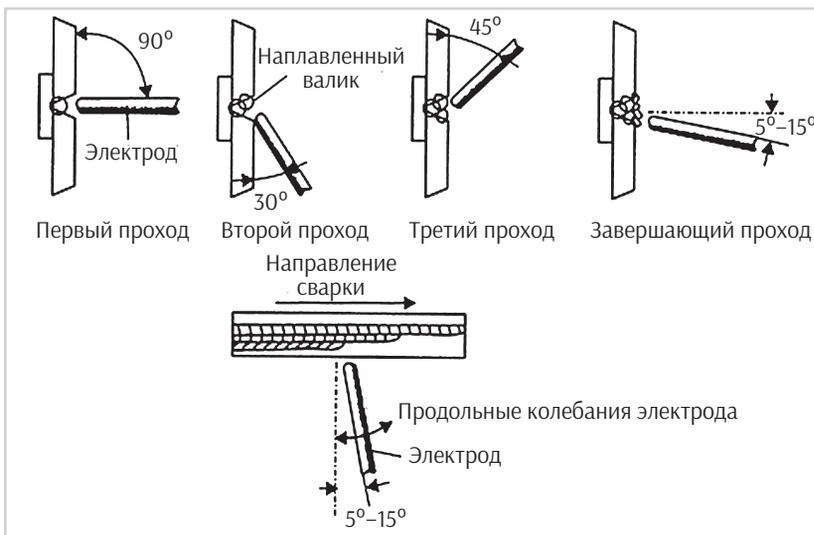


Рис. 21. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в горизонтальном положении

большим. Положение электрода должно соответствовать изображенному на рис. 20. Первый проход выполняется так же, как и в случае обычной однопроходной сварки угловых швов. Поверхность первого валика должна быть максимально плоской.

Второй шов накладывается поверх первого с поперечными колебаниями электрода. Электрод должен направляться на вертикальную пластину так, чтобы обеспечить перенос металла с электрода на ее поверхность. Поперечные колебания электрода не должны выходить за пределы требуемой ширины выполняемого шва. В противном случае возможно появление подрезов. Необходимо обеспечить хорошее сплавление накладываемых швов с поверхностью ранее наплавленных слоев и с поверхностью свариваемой пластины.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в горизонтальном положении. Данное соединение, а также пространственное положение, в котором оно находится, наиболее часто встречается при сварке труб.

Сварка производится на обратной полярности как узкими валиками без поперечных колебаний, так и с поперечными колебаниями электрода. Первый проход выполняется на повы-

* Продолжение. Начало в № 1, 2, 3, 4, 5, 6 – 2015

шенных значениях сварочного тока без поперечных колебаний электрода. Положение электрода должно соответствовать изображенному на *рис. 21*. При сварке необходимо обеспечить гарантированное сплавление с подкладкой, а также с кромками корневой части соединения.

Второй и все последующие проходы могут выполняться с еще большими значениями сварочного тока. Положение электрода при сварке узкими валиками без поперечных колебаний электрода должно соответствовать изображенному на *рис. 21*. Очень важно, чтобы все сварные швы имели хорошее сплавление с поверхностями ранее наложенных слоев и кромок разделки. Необходимо следить за предотвращением появления подрезов.

Сварка стыкового соединения в горизонтальном положении со скосом кромок. Данное соединение, а также пространственное положение, в котором оно находится, часто встречается при сварке труб, а также ответственных стыковых соединений. При выполнении определенных работ предъявляются требования к тому, чтобы указанные швы выполнялись с поперечными колебаниями элек-

трода, однако в большинстве случаев применяется сварка узкими валиками без поперечных колебаний электрода.

Сварка производится на обратной полярности. Сварочный ток при первом проходе не должен быть слишком большим. Положение электрода при сварке узкими валиками без поперечных колебаний должно соответствовать *рис. 22*, а при сварке с поперечными колебаниями — *рис. 23, а*.

При сварке требуется поддерживать короткий дуговой промежуток, заставляя электродный металл наплавляться непосредственно в зазоре корневой части соединения. В процессе сварки можно использовать возвратно-поступательные перемещения электрода. При перемещениях вперед нельзя допускать, чтобы сварочная дуга обрывалась.

Во время таких перемещений необходимо обеспечить предварительный подогрев металла перед наплавлением. Одновременно следует следить за тем, чтобы расплавленный металл сварочной ванны достаточно быстро застывал и не стекал на нижнюю пластину. Проплавление на обратной стороне соединения должно быть полным.

Для второго и последующих проходов сварочный ток может быть значительно увеличен. Можно использовать сварку узкими валиками без поперечных колебаний или сварку с поперечными колебаниями электрода (*рис. 23, б*). Важно обеспечить гарантированное сплавление всех проходов с поверхностями предшествующих проходов, а также с поверхностями свариваемых пластин. Во время сварки нужно следить за появлением подрезов.

● #922

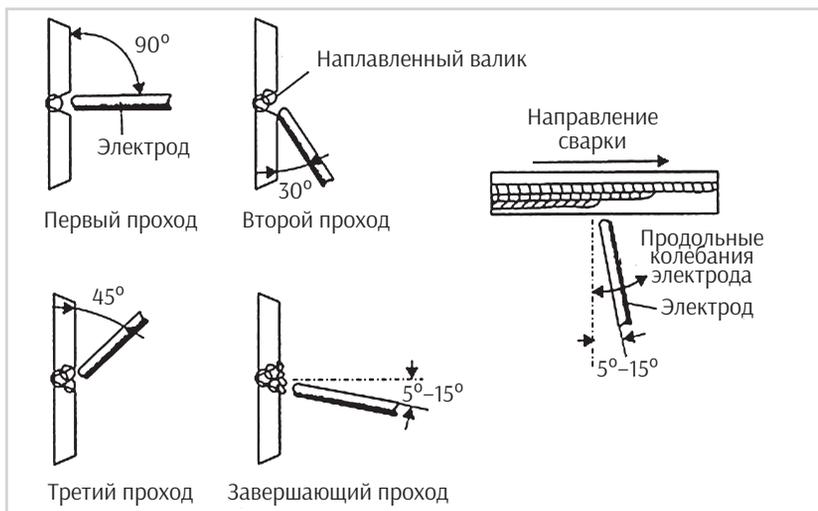


Рис. 22. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок в горизонтальном положении: узкими валиками без поперечных колебаний электрода

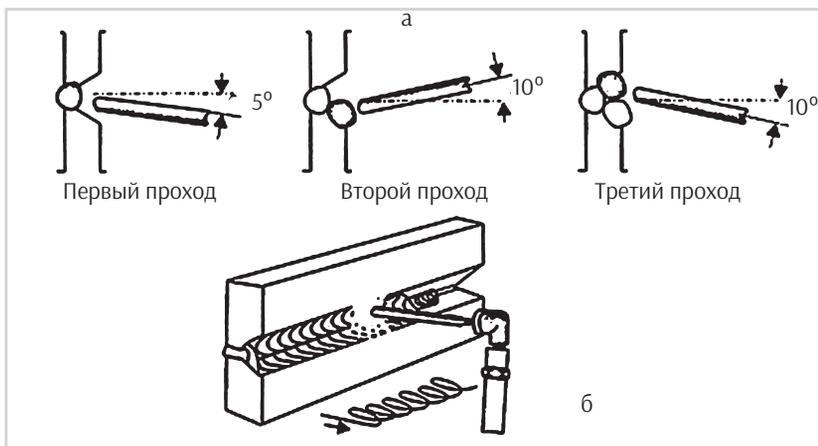


Рис. 23. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок в горизонтальном положении: а — сварка с поперечными колебаниями электрода; б — пример поперечных движений торца электрода

Особенности усовершенствования металлизатора и опыт его использования на ПАО «Азовобщемаш»

С. В. Крылов, канд. техн. наук, НТЦ «Промавтосварка», **В. И. Скрипченко**, ПАО «Азовобщемаш» (Мариуполь), **Ю. В. Демченко**, канд. техн. наук, «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

Для восстановления и антикоррозионной защиты различных деталей и конструкций широкое применение находит электродуговая металлизация. Способ заключается в распылении потоком газа жидкого металла, расплавленного электрической дугой, и отличается высокой мобильностью, что позволяет использовать его для покрытия готовых конструкций независимо от их размера.

Основными преимуществами электродуговой металлизации является высокая производительность процесса (до 40 кг/ч), отсутствие большого теплового воздействия на основной металл и неблагоприятных структурных превращений в нем.

Принципиальная схема электродугового метода напыления с использованием электрометаллизатора показана на рис. 1.

Через направляющие электрометаллизатора производится подача двух проволок для напыления. Между концами последних возбуждается электрическая дуга. В центральной его части имеется сопло, через которое подается сжатый воздух. Струя сжатого воздуха отрывает с электродов частицы расплавленного металла и несет их к напыляемой поверхности.

Электрометаллизатор может работать как на постоянном, так и на переменном токах. При использовании переменного тока дуга горит неустойчиво, процесс сопровождается большим шумом. При постоянном токе характер работы устойчивый, напыленный материал имеет мелкозернистую структуру, производительность напыления высокая. Поэтому, в настоящее время для дугового напыления используют источники постоянного тока. Для повышения производительности при напылении используют проволоку $\varnothing 1,6\text{--}2,0$ мм. При использовании в качестве электродов проволок из двух различных материалов можно получить покрытие из их сплавов. При дуговой металлизации обеспечивается гладкая поверхность и хорошее сцепление (> 35 н/мм²) напыленного слоя с основным.

Благодаря простоте и эффективности эта технология и оборудование уже многие годы широко используются на ПАО «Азовобщемаш» для защитных антикоррозионных покрытий цинком и алюминием изделий вагоностроения (котлы газовых цистерн, детали сливных приборов: крышки, стойки и др.), краностроения (лестницы, площадки и др.). Как показали наблюдения, срок службы таких покрытий может превышать 40 лет.

Выпускаемые промышленностью СНГ электрометаллизаторы (на пневмоприводе) обладали рядом конструктивных недостатков: несовершенство механизма прижима; перегрев рукоятки металлизатора; отсутствие качественного механизма размотки проволоки; низкая точность изготовления корпуса и других деталей металлизатора. Это требовало постоянной профилактики подающего механизма и не удовлетворяло своей работоспособностью заводских специалистов.

По проекту, разработанному НТЦ «Промавтосварка», электромашиностроительным заводом проведена доработка конструкции металлизатора. Ее результаты позволили: стабилизировать равномерность подачи проволоки путем усовершенствования механизма прижима; снизить перегрев рукоятки, увеличить сечения подводящих кабелей и улучшив их крепления в металлизаторе. Изготовление корпуса металлизатора и других его деталей из деформируемого алюминиевого сплава на высокоточных станках позволило увеличить точность и тяговое усилие механизма подачи проволоки, устранить перекосы и существенно повысить его работоспособность. Разработан и изготовлен механизм размотки проволоки (рис. 2).

Изготовленный опытный образец металлизатора модели ЭМ-01М (рис. 3) пере-

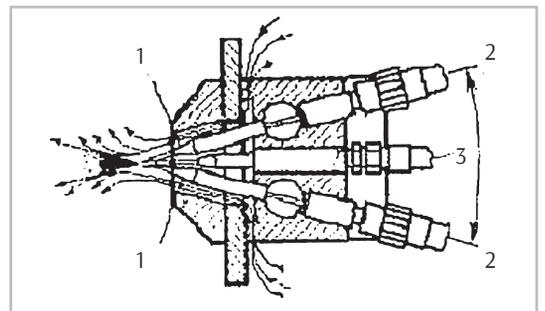


Рис. 1. Принципиальная схема электродугового метода напыления с использованием электрометаллизатора: 1 – сопло; 2 – место ввода напыляемого материала (проволоки); 3 – место подачи сжатого воздуха

дан для опытно-промышленной эксплуатации ПАО «Азовобщесварка» для нанесения антикоррозионных покрытий из алюминия и цинка в ручном режиме.

Аппарат ЭМ-01М (рис. 3) состоит из корпуса (1), прикрепленной к нему рукоятки со сварочными кабелями (2), турбинного привода с центральным регулятором скорости подачи (3), механизма подачи проволоки (находится внутри корпуса), распылительной головки (4) и воздушного крана (5). Основные технические характеристики металлатора ЭМ-01М приведены в таблице.

Рабочее место для металлизации оборудовано местной вытяжной вентиляцией со скоростью отсоса в рабочей зоне не менее 1,5 м/с и огорожено сплошной перегородкой из негорючего материала. Исходя из размеров помещения и скорости отсоса, предусмотрена система приточной вентиляции. При проведении работ, с целью защиты дыхательных путей от вредного воздействия металлической пыли, оператор должен пользоваться пылевым респиратором или специальным шлемом с принудительной подачей воздуха в зону дыхания.

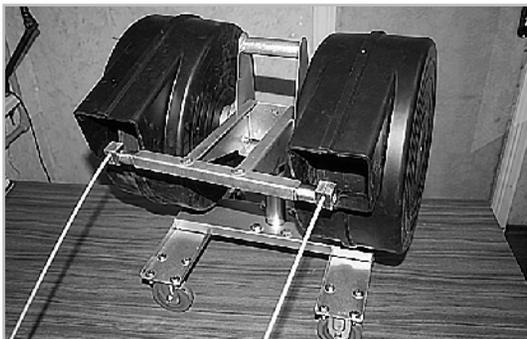


Рис. 2. Механизм размотки проволоки

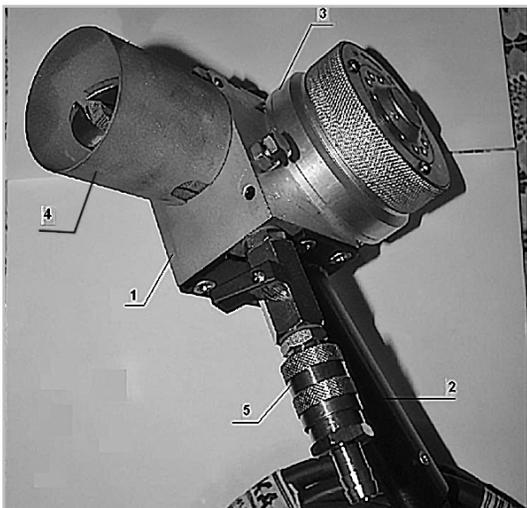


Рис. 3. Металлизатор ЭМ-01М: 1 – корпус, 2 – рукоятка, 3 – турбинный привод, 4 – распылительная головка, 5 – воздушный кран

Таблица. Основные технические характеристики аппарата ЭМ-01М

Наименование показателей	Нормы
Диаметр применяемой проволоки, мм	1,5–2,0
Скорость подачи проволоки, м/мин	2,76–9,6
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа (кгс/см ²)	0,4–0,6 (4–6)
Наибольший расход сжатого воздуха, м ³ /мин	1,0
Рабочий ток дуги (до), А (ПР =100%)	400
Рабочее напряжение дуги, В	17–40
Мощность дуги (до), кВт	16
Производительность распыления (до), кг/ч	
алюминия	12,5
цинка	32
Масса, не более, кг	3,1

Для работы ЭМ-01М используется сжатый воздух давлением 0,4–0,6 МПа, с максимальным расходом 1,5 м³/мин, предварительно очищенный от влаги и масла посредством постового масловодоотделителя. Металлизатор работает на постоянном токе от сварочного выпрямителя ВДУ-504, имеющего плавную регулировку напряжения в интервале 20–40 В.

ЭМ-01М может использоваться при механизированном процессе напыления. В этом случае он должен быть установлен на суппорт токарного станка или другое устройство, обеспечивающее необходимое относительное перемещение металлируемой поверхности.

Заводская технология нанесения покрытия состоит из подготовки поверхности, нанесения покрытия и, в случае необходимости, его последующей обработки. Подготовка поверхности имеет цель удалить с нее всякого рода загрязнения и окисную пленку, а также придать ей необходимую шероховатость, т.к. расплавляемый металл (за исключением молибдена и некоторых др. элементов) с гладкой поверхностью практически не сцепляется. Обычным средством подготовки поверхности изделий со сложной конфигурацией является обработка абразивом (песком или дробью). Для получения хорошего сцепления величина неровностей должна быть 20–25 мкм.

Для тел вращения иногда применяется подготовка поверхности нарезанием «рваной резьбы» (глубина нарезки и шаг резьбы 0,8–1,0 мм), накатка, а также нанесение подслоя из молибдена, алюминидоникеля и некоторых др. элементов.

Для обеспечения работы в ручном режиме – удержания металлатора на весу, предложено использовать пружинный балансир Toolmate SB-5000.

В протоколе опытно-промышленной проверки усовершенствованного образца металлатора ЭМ-01М, проведенной оперативно-техническим персоналом ПАО «Азовобщесварка» на характерных изделиях, отмечено:

- отсутствие перегрева металлатора;
- снижение расхода проволоки благодаря узконаправленному воздушно-цинковому факелу;
- снижение шума воздушной турбины привода;
- плавная регулировка скорости вращения привода.

По результатам промышленной проверки рекомендовано приобретение партии металлаторов ЭМ-01М.

НТЦ «Промавтосварка»:

e-mail: 379731@promavtosvarka.com.ua

Ручной газокислородный резак РЗ-ФЛЦ-ВС для резки заготовок из углеродистых и высоколегированных сталей толщиной до 1000 мм

В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, ООО «НИИПТмаш – Опытный завод»,
В. А. Белинский, А. И. Коровченко, ПАО «НКМЗ», В. В. Капустин, ПАО «Энергомашспецсталь» (Краматорск)

На ПАО «НКМЗ» при выполнении работ по разделке чугунных отходов массой до 90 т в полевых условиях с помощью машины газовой резки УОПП-1 возникли определенные трудности («Сварщик в России» № 6–2015 г.).

На заводе широко используется кислородно-флюсовая резка (КФР) заготовок толщиной до 300 мм. Этот способ резки имеет много недостатков, основными из которых являются: абразивный износ деталей на пути флюсоносущего газа и необходимость постоянного прокаливания железного порошка. Похожие проблемы имеются и на ПАО «Энергомашспецсталь».

На ПАО «НКМЗ» и ПАО «Энергомашспецсталь» освоена технология машинной кислородной резки заготовок из чугуна и высоколегированных сталей на базе резака внешнего смешения РГКМ-5, осуществляющего кислородную резку металлов больших толщин. Данный способ позволяет производить кислородную резку высоколегированных сталей и чугуна без применения железного порошка и других присадочных материалов. Машинный резак РГКМ-5 не требует принудительного водяного охлаждения и прост по конструкции. Он абсолютно безопасен с точки зрения обратных ударов пламени, поскольку горючий газ и кислород смешиваются за пределами резака.

Разработка и внедрение ручного газокислородного резака внешнего смешения газов подогревающего пламени РЗ-ФЛЦ-ВС для резки заготовок из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей и чугуна толщи-

ной до 1000 мм, позволяет производить разделку крупного лома за пределами участка машинной кислородной резки и отказаться от затратного и прихотливого способа КФР заготовок.

На рис. 1 показан общий вид резака РЗ-ФЛЦ-ВС, на рис. 2 — его головка в сборе, а на рис. 3 — ствол резака.

Резак имеет три независимых подвода газов-энергоносителей: кислород основной (режущий) через резинотканевый рукав Ду12, кислород вспомогательный (подогревающий) через рукав Ду9 и горючий газ через рукав Ду12. Такое исполнение резака позволяет исключить падение давления в каналах вспомогательного кислорода при включении подачи основного кислорода и сохраняет характеристики факела неизменными. Это способствует стабильности процесса резки. Количество кислорода и горючего газа, пропускаемое через рукава (при давлениях в цеховых магистралях 1,0 МПа и 0,1 МПа), достаточно для резки заготовки толщиной до 1000 мм. Дальнейшее повышение объема рабочих газов, при увеличении толщины разрезаемой заготовки, требует расширения условного прохода подводящих рукавов. Чем он больше, тем рукава тяжелее и менее гибкие, что неудобно в работе при ручной резке. Реакция струй основного и дополнительного кислорода при их запуске отбрасывает резак в противоположную сторону. При резке заготовки толщиной до 1000 мм резак еще можно удерживать в руках, но при резке большей толщины с увеличением расхода кислорода удерживать резак в руках очень трудно, что ограничивает потолок разрезаемой толщины при ручной резке. Резинотканевые рукава для подвода рабочих газов крепятся к резаку с помощью нипельно-муфтовых соединений с резьбой на штуцерах, по линии: кислорода основного — М16×1,5, кислорода дополнительного — М16×1,5, горючего газа — М16×1,5 LH.

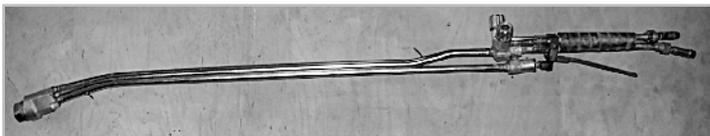


Рис. 1. Общий вид ручного газокислородного резака внешнего смешения РЗ-ФЛЦ-ВС

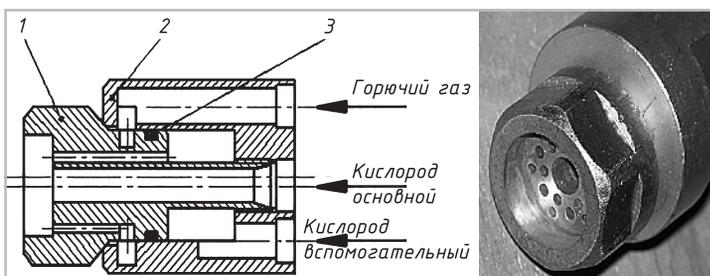


Рис. 2. Головка резака РЗ-ФЛЦ-ВС в сборе: слева – схема; справа – внешний вид

Резак РЗ-ФЛЦ-ВС состоит из двух узлов, головки и ствола в сборе, которые соединены между собой тремя латунными трубками с помощью паяных соединений. Эти три трубки подводят к головке: основной кислород — $\varnothing 12 \times 1$, горючий газ — $\varnothing 12 \times 1$ и дополнительный кислород — $\varnothing 10 \times 1$.

На схеме *рис. 2*, где изображена головка в сборе, видно, что медный мундштук 1 и латунная головка 2 имеют моноблочное исполнение, они массивны и охлаждаются рабочими газами. Канал для подвода основного кислорода и кольцевая камера для дополнительного кислорода связаны друг с другом через витки резьбового соединения и не имеют узла герметизации, т.к. перетекание небольшого количества кислорода из зоны с большим давлением в зону с меньшим давлением не опасно и не влияет на процесс резки. Герметизация кольцевой камеры для горючего газа осуществляется с помощью жесткой посадки конической части мундштука на седло головки. Уплотнение между кольцевыми камерами для дополнительного кислорода и горючего газа осуществляется с помощью резинового кольца круглого сечения (*рис. 2, поз. 3*) по ГОСТу 9833-73. Резиновые кольца в головке ручного резака ранее не применялись, но успешно прошли длительные испытания при эксплуатации машинных резаков РГКМ-5.

Охлаждение головки резака и мундштука, которые подвергаются нагреву отраженным пламенем, достаточно эффективно осуществляется рабочими газами, что подтверждается опытом эксплуатации машинных резаков РГКМ-5, мощность пламени которых гораздо выше.

Уплотнения между мундштуком и головкой по принципу «конус в седло», между кольцевыми камерами для кислорода и горючего газа с помощью резинового кольца и отсутствие уплотнения между каналами для основного и дополнительного кислорода по резьбовому соединению позволили уменьшить габариты головки с мундштуком до значений, достаточных для ручных резаков.

Ствол резака РЗ-ФЛЦ-ВС (*рис. 3*) включает в себя вентили для дополнительного кислорода 1 и горючего газа 2, клапан для основного кислорода 3, с кулисой 4 и ползуном 5, рычаг 6 и рукоятку 7.

Шток клапана со стороны запорного тела снабжен конической насадкой, которая обеспечивает плавное нарастание скорости основной струи кислорода, что важно при врезании струи в заготовку и воспламенении металла.

Пружина клапана расположена в кольцевом зазоре между корпусом и направляющей втулкой в застойной зоне в стороне от потока основного кислорода и меньше подвергается коррозии. Это обеспечивает минимальное сопротивление кислородному потоку: на пути кисло-

рода при открытом клапане нет препятствий. При закрытом клапане кислород оказывает давление на запорное тело в одном направлении с усилием пружины, увеличивая надежность уплотнения. Расположение пружины в клапане концентрично с резиновыми уплотнительными кольцами штока, что уменьшает габариты клапана и облегчает резак.

Шток клапана со стороны рычага снабжен кулисой 4 и ползуном 5. Эта пара размыкает силовой контур и устраняет изгибающие моменты, которые отклоняют шток в сторону и способствуют неравномерному износу штока и направляющей. Запорное тело равномерно прижимается к седлу клапана. Кулиса с ползуном в кинематической цепочке клапана уменьшает износ деталей и повышает надежность закрытия клапана.

Резаки РЗ-ФЛЦ-ВС, по желанию заказчиков, были изготовлены в двух исполнениях: рычаг клапана основного кислорода без фиксации его положения (*рис. 3, справа*), рычаг с кнопочным фиксатором его положения (*рис. 3, слева*). В первом случае удобно работать при частом и кратковременном включении основного кислорода, во втором — основной кислород включается на длительное время.

Технические характеристики газокислородного резака РЗ-ФЛЦ-ВС приведены в *табл. 1*.

Испытания резака РЗ-ФЛЦ-ВС при горении и резке в процессе корректировки его конструкции и адаптации к заводским условиям производились в лаборатории газопламенной обработки ПАО «НКМЗ».

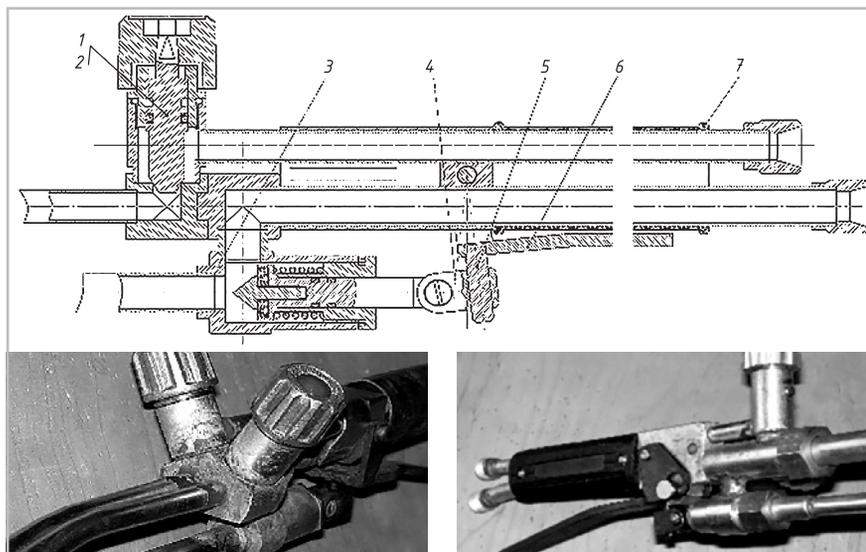


Рис. 3. Ствол резака РЗ-ФЛЦ-ВС: вверху — схема ствола; внизу слева — вариант ствола, где клапан основного кислорода имеет кнопочную фиксацию рычага; внизу справа — ствол резака без фиксации рычага клапана

Результаты испытаний приведены на *рис. 4, 5*. На *рис. 4*, вверху — факел пламени резака. Основной кислород выключен. Давление в сети кислорода 0,7 МПа, природного газа — 0,06 МПа, используется моноблочный мундштук № 4. Длина видимой части факела составила 950 мм, что соответствует разрезаемой толщине 1000 мм. На *рис. 4*, внизу — факел пламени резака с включенным основным кислородом. Длина видимой части факела уменьшилась незначительно. Резак работает стабильно. Привязка пламени к торцу мундштука в обоих случаях нормальная.

Процесс кислородной резки заготовки из высоколегированной стали 40X9C2Л толщиной 350 – 400 мм ручным резаком РЗ-ФЛЦ-ВС с мундштуком № 4 протекает стабильно без применения присадочных материалов. Металл заготовки горит в полости реза по всей ее длине и процесс горения в кислородной струе имеет незатухающий характер. Свечение полости реза и шлаковой дорожки ярко красное, почти белое, что говорит о высокой температуре шлака по всей длине по-

Таблица 1. Технические характеристики газокислородного резака РЗ-ФЛЦ-ВС

Толщина разрезаемого металла, мм		400	550	700	1000
Мундштук, №		1	2	3	4
Давление на входе в резак, МПа	кислорода	0,5	0,5	0,6	0,65
	природного газа	0,06			
Расход, м ³ /час	кислорода	50	70	90	130
	природного газа	3,5	5,8	9,5	17
Присоединительная резьба на штуцерах	для кислорода	M16x1,5			
	для природного газа	M16x1,5LH			
Рекомендуемые рукава для подвода газов	кислорода основного	Рукав 111-12-2 ГОСТ 9356-75			
	кислорода дополнительного	Рукав 111-09-2 ГОСТ 9356-75			
	природного газа	Рукав 1-12-0,63 ГОСТ 9356-75			
Масса резака (не более), кг	2,2				
Длина резака (не более), мм	1300				



Рис. 4. Факела пламени газокислородного резака внешнего смешения РЗ-ФЛЦ-ВС: вверху — основной кислород выключен; внизу — включен



Рис. 5. Кислородная резка образца из стали 08X18H9Т толщиной 400 мм резаком РЗ-ФЛЦ-ВС с мундштуком № 3

лости реза. Технические характеристики процесса приведены в *табл. 1*.

Целью испытаний являлась проверка характера горения металла заготовки, температура плавления которого ниже температуры его воспламенения, что делает невозможным процесс кислородной резки обычным способом (металл заготовки в месте нагрева переходит в жидкую фазу и, не успев воспламениться в кислородной струе, уносится за пределы зоны влияния факела резака).

После успешных испытаний экспериментального резака РЗ-ФЛЦ-ВС в лабораторных условиях, Опытным заводом были изготовлены и переданы для совместных опытно-промышленных испытаний два резака:

- ПАО «НКМЗ», где слабым звеном в технологических цепочках является КФР заготовок из высоколегированных сталей толщиной до 500 мм;
- ПАО «Энергомашспецсталь», где актуальна кислородная резка прибылей литья и поковок толщиной до 1000 мм.

По результатам этих испытаний было принято решение о внедрении РЗ-ФЛЦ-ВС на этих предприятиях и отобраны наиболее характерные примеры кислородной резки заготовок, приведенные ниже.

На *рис. 5* показана кислородная резка образца из стали 08X18H9Т толщиной 400 мм. В центральной части образца имеется отверстие диаметром 80 мм. На резаке РЗ-ФЛЦ-ВС установлен мундштук № 3 (*табл. 1*). Характер выбросов шлака свидетельствует, что наличие отверстия в центре образца не влияет на процесс резки. Мундштук № 3 резака имеет большой запас мощности.

На *рис. 6* показана кислородная резка поковки из стали 38X1МФА толщиной по линии реза 850 мм. На поверхности поковки имеется закованная окалина толщиной до 7 мм. На *рис. 6*, слева — показан процесс резки, справа — обратная сторона поковки с полостью реза на выходе основной струи кислорода из поковки. Применяются резак РЗ-ФЛЦ-ВС с мундштуком № 4 (*табл. 1*).

На *рис. 7* представлена кислородная резка прибыли Ø900 мм литой заготовки из стали 20Л. Пригар по линии реза незначительный. Используется мундштук № 4 резака (*табл. 1*).

На *рис. 8* показан процесс разделки крупной скрапины на габаритные куски с помощью резака РЗ-ФЛЦ-ВС с мундштуком № 4.

Технические данные процессов резки, приведенных на *рис. 5–8*, указаны в *табл. 1*.

По результатам опытно-промышленных испытаний газокислородного резака РЗ-ФЛЦ-ВС на двух заводах стало очевидно, что он относится к категории нестандартного, специализированного оборудования. Не всегда его использование экономически оправдано, поэтому необходимо указать области его применения.

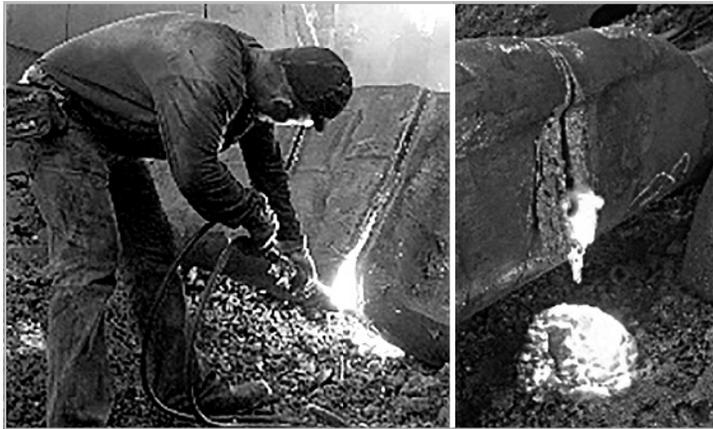


Рис. 6. Кислородная резка поковки из стали 38Х1МФА толщиной по линии реза 850 мм



Рис. 7. Кислородная резка прибыли Ø900 мм литья из стали 20Л



Рис. 8. Разделка крупной скрапины на габаритные куски газокислородным резаком РЗ-ФЛЦ-ВС

Газокислородная резка литья, поковок и крупного лома из углеродистых и низколегированных сталей толщиной до 500 мм. На краматорских заводах успешно работают с разработанными нами ранее аналогичными резаками РЗ-ФЛЦ и ТОРН-Р. Ручной резак РЗ-ФЛЦ-ВС в этом диапазоне разрезаемых толщин расходует кислород и природный газ в 1,1 раз больше, а ширина реза у него в 1,2 раза больше, чем у аналогичных резаков. Поэтому при кислородной резке заготовок толщиной до 500 мм следует воздержаться от его применения. Однако резак РЗ-ФЛЦ-ВС абсолютно не восприимчив к обратным ударам и проскокам пламени внутрь резака и его применение оправдано (с точки зрения безопасности работ) при работе в экстремальных условиях. Например, при ремонте тяжелого прессового оборудования, когда работать приходится на высоте в окружении промасленных узлов и деталей.

Газокислородная резка литья, поковок и крупного лома из углеродистых и низколегированных сталей толщиной свыше 500 мм. В этом диапазоне толщин на краматорских заводах используют машинную резку, иногда — копьевую, несмотря на то, что расход газов-энергоносителей в 1,2–1,4 раза, а ширина реза в 1,1–1,3 раза больше, чем у ручного резака РЗ-ФЛЦ-ВС. Газорезчик находится на безопасном расстоянии от заготовки вне зоны действия вредных выделений из полости реза. Поэтому, использовать резак РЗ-ФЛЦ-ВС необходимо на участках, где нет машин газовой резки и используют малоэффективную и низкопроизводительную копьевую резку.

Газокислородная резка заготовок из высоколегированных сталей и чугуна толщиной до 300 мм. КФР, применяемая в этом диапазоне толщин, относится к дорогим и капризным процессам с большим количеством вредных выделений, поэтому замена ее на кислородную резку резаками РЗ-ФЛЦ-ВС всегда оправдана с точки зрения экономических и санитарно-гигиенических норм.

Газокислородная резка заготовок из высоколегированных сталей и чугуна толщиной более 300 мм. В этом случае применяют копьевую резку с воспламенением стальной трубки, через которую подают кислород. Процесс очень медленный, расходуются большое количество кислорода и стальной трубки, поэтому замена его на кислородную резку ручными резаками РЗ-ФЛЦ-ВС всегда экономически оправдана.

● #924

17-20
МАЯ
2016

17-я международная выставка
по сварке, резке
и родственным технологиям
**СВАРКА/
WELDING 2016**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
КОНГРЕССНО-
ВЫСТАВОЧНЫЙ
ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
ПАВИЛЬОН **G**



ufi
Approved
Event



ЭКСПОФОРУМ
Санкт-Петербург
Петербургское шоссе, 64/1
тел. +7 (812) 240 40 40, доб. 152, 153
WWW.WELDING.EXPOFORUM.RU

12+



ОРГАНИЗАТОР

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
МЕДИАПАРТНЕР

ПАРТНЕРЫ
ВЫСТАВКИ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ПАРТНЕР

EXPOFORUM



Мир сварки

Система экономии защитного газа EWR



Улучшайте эффективность сварочного процесса за счет сокращения расхода защитного газа...

Для осуществления экономичного и эффективного сварочного процесса важное значение имеет оптимальное использование всех ресурсов. Однако такому средству оптимизации, как снижение расхода защитного газа зачастую уделяется слишком мало внимания. В основном это связано с трудностями определения и измерения его, так как во время работы газ нельзя увидеть или ощутить.

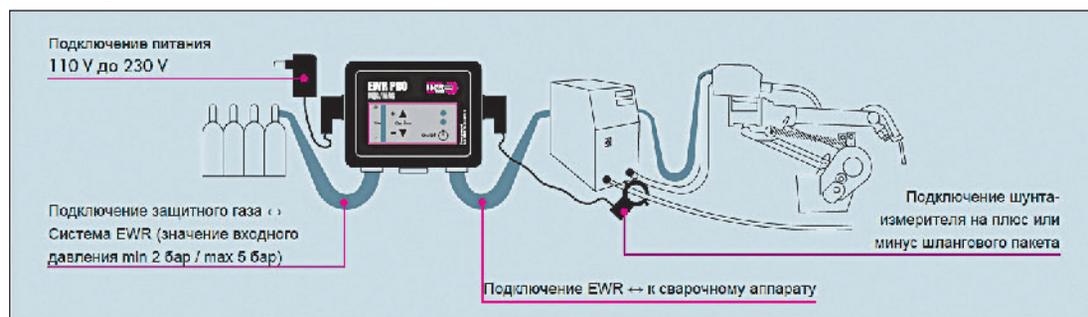
ABICOR BINZEL для решения вышеописанной проблемы предлагает использовать систему экономии защитного газа EWR (Электронный Сварочный Регулятор). Данная система позволяет одновременно как экономить защитный газ, так и улучшить защиту сварочной ванны.

Преимущества, которые говорят сами за себя:

- Значительно экономит газ
- Повышает стабильность процесса
- Увеличивает срок службы
- Снижает затраты на обслуживание
- Стандартизирует процессы
- Сокращает количество брака

«Подключите и работайте»

Установка системы экономии газа EWR занимает всего несколько минут. Экономьте газ быстро и легко!



Техническая характеристика	
Масса, кг	около 1,3
Размеры (В×Д×Ш), мм	118×148×58
Электрическое подключение	24В DC, 450–750 мА
Соответствие выходного давления и расхода газа	0,2–2,0 бар: 5,0–23,0 л/мин
Расход газа, л/мин	5,0–30,0
Входное/выходное давление, бар:	
2–6	до 0,6
3–6	до 1,2
4–6	до 2,0

Экономия газа до 60 %

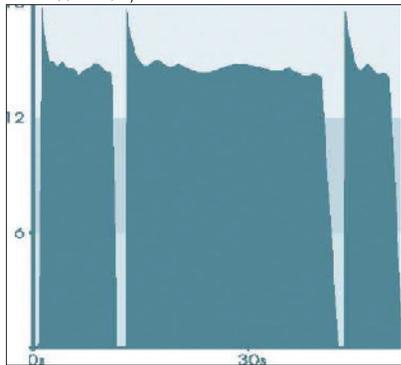
Четыре метода = в 4 раза больше экономия!

EWR сочетает в себе 4 инновационных метода регулирования газа. Объединив эти 4 метода, удастся снизить расход газа в процессе сварки в среднем на 40%, при идеальных условиях до 60%. Наряду с экономией газа существуют и другие положительные эффекты, достигаемые при использовании EWR, например, уменьшение брызг и лучшая газовая защита при сварке.

1-й метод. Предотвращение образования пиков при начале сварки

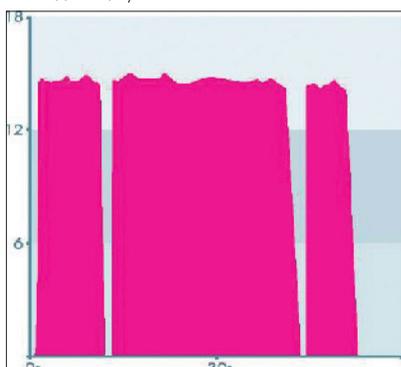
Система EWR постоянно регулирует расход газа, таким образом удается избежать появления пиков даже при начале сварочного процесса.

Расход газа, л/мин



Расход газа при стандартной сварке с образованием пиков в начале работы

Расход газа, л/мин

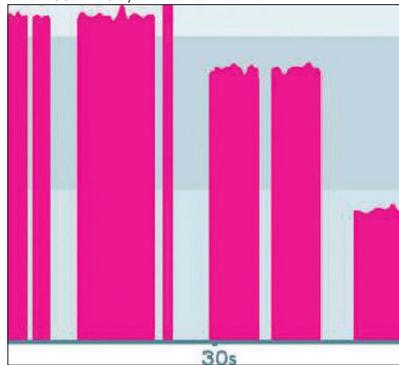


Расход газа при использовании оборудования, снижающего давление, и, соответственно, отсутствие пиков при начале сварки

2-й метод. Регулирование расхода защитного газа в соответствии со сварочным током

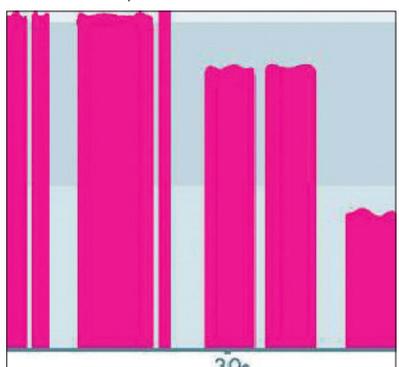
С помощью шунта-измерителя система EWR учитывает текущее значение сварочного тока и в соответствии с ним регулирует подачу газа.

Расход газа, л/мин



Используемый сварочный ток

Расход газа, л/мин

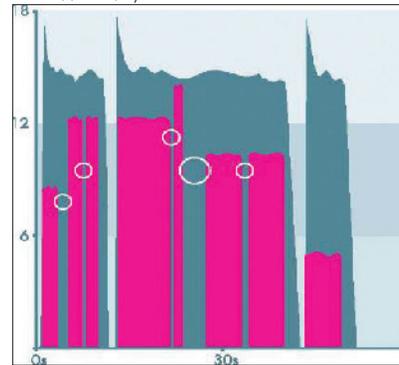


Расход газа, отрегулированный с помощью системы EWR в соответствии с используемым сварочным током

3-й метод. Быстро реагирующие высокочастотные клапаны

Благодаря высокочастотным клапанам, реагирующим моментально, отсутствуют потери газа между отдельными пусками — открытием и закрытием клапана.

Расход газа, л/мин



Сравнение расхода газа при использовании системы EWR и без нее

Обозначения:

- Расход газа без использования системы EWR
- Расход газа при использовании системы EWR
- Нет потерь газа между отдельными пусками

4-й метод. Пульсация защитного газа с частотой 60 Гц

Пульсация с частотой 60 Гц обеспечивает улучшенную газовую защиту при меньшем расходе защитного газа и дает более стабильную дугу.



Дуга/поток газа без использования системы EWR



Дуга/поток газа при использовании системы EWR

Система нашла широкое применение на машиностроительных, автомобилестроительных и других предприятиях, использующих MIG/MAG и TIG сварку. Наиболее эффективна в случае применения автоматизированных и роботизированных сварочных процессов.

Публикуется на правах рекламы

● #925



ООО «АБИКОР БИНЦЕЛЬ Сварочная техника»

тел.: +7 (495) 221-84-81, 221-84-82

факс: +7 (495) 510-64-70

e-mail: binzel-abicor@yandex.ru

www.binzel-abicor.com

ХV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2016

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



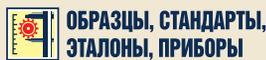
ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС



ГИДРАВЛИКА
ПНЕВМАТИКА



ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ



КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,
ЛАБОРАТОРНОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ



СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ



ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



КОМИСИОННАЯ ТЕХНИКА,
ОБОРУДОВАНИЕ



ПОДШИПНИКИ



ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ



ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



УКРЛИТЬЕ



ОРГАНИЗАТОР

Международный выставочный центр

Генеральный
информационный партнер:



Технический партнер:



22-25
НОЯБРЯ



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58

e-mail: lilia@iec-expo.com.ua

www.iec-expo.com.ua

www.tech-expo.com.ua

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15
М "Левобережная"

Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: область применения, требования и оценка рисков*

О. Г. Левченко, д-р тех. наук, Ю. О. Полукаров, канд. техн. наук, НТУУ «КПИ» (Киев)

Данные Международного бюро по труду свидетельствуют о том, что в мире ежегодно регистрируется примерно 270 млн несчастных случаев, связанных с трудовой деятельностью человека, и 160 млн из них — вследствие профессиональных заболеваний. Гибнет более 2,2 млн рабочих, из них 25% от воздействия вредных и опасных веществ. Эти жертвы превышают количество жертв дорожно-транспортных происшествий (1 млн.), военных конфликтов (502 тыс.) и насильства (536 тыс.). Такова шокирующая статистика для мирового сообщества.

Практика внедрения британского стандарта BS OHSAS 18001:2007 показала, что применение системы менеджмента гигиены и безопасности труда (охраны труда) помогает организациям уменьшить количество несчастных случаев и заболеваний, избежать дорогостоящих судебных исков, снизить расходы на страхование, а также создать благоприятный социальный климат в коллективе.

Поэтому на сегодняшний день все больше организаций заинтересовано в достижении и демонстрации эффективности в области гигиены и безопасности труда за счет управления профессиональными рисками согласно принятой политике и целям в этой сфере. Как показывает опыт развитых стран, правильно поставленный менеджмент безопасности производства, в т.ч. менеджмент международного стандарта OHSAS 18001, сводит к минимуму последствия от несчастных случаев и других нежелательных ситуаций.

Основные аспекты. Многие организации проводят «анализ» или «аудит» гигиены и безопасности труда, чтобы оценить их результативность. Однако сами по себе они недостаточны для того, чтобы обеспечить организации уверенность в том, что ее результативность не только отвечает, но и в дальнейшем будет отвечать требованиям, которые предусмотрены законом и политикой в области гигиены и безопасности труда. Чтобы быть действенными, эти «анализы» и «аудиты» должны проводиться в рамках структурированной системы менеджмента, интегрированной в менеджмент организации.

Стандарты OHSAS, распространяющиеся на менеджмент гигиены и безопасности труда, предназначены для обеспечения организаций элементами результативной системы менеджмента в этой области. Они могут быть интегрированы с дру-

гими требованиями к менеджменту с тем, чтобы содействовать организациям в достижении целей по гигиене и безопасности труда и осуществлению экономических задач.

Стандарт OHSAS 18001 устанавливает требования к системе менеджмента гигиены и безопасности труда, чтобы дать возможность организации разработать и внедрить политику и цели, учитывающие законодательные требования и информацию о профессиональных рисках. Его могут применять организации любого типа и величины с разным географическим положением, культурными и социальными особенностями.

Успех системы зависит от обязательств, принятых всеми уровнями и функциями организации, особенно высшим руководством. Такая система дает возможность установить политику в данной области.

Общей целью настоящего стандарта OHSAS является поддержка надлежащей практики гигиены и безопасности труда при сохранении баланса с социально-экономическими ISO 9001, ISO 14001, ILO-OSH и другими стандартами по системам менеджмента гигиены и безопасности труда, чтобы увеличить совместимость этих стандартов для удобства пользователей.

Существует важное различие между настоящим стандартом OHSAS, который может быть использован для сертификации /регистрации и/или самодекларации системы менеджмента гигиены и безопасности труда организации, и не предназначенных для сертификации руководствами, разработанными для оказания общей помощи организации при установлении, внедрении или улучшении системы менеджмента гигиены и безопасности труда. Менеджмент гигиены и безопасности труда охватывает весь диапазон проблем, включая проблемы, касающиеся стратегии и конкурентоспособности. Схематическая модель системы менеджмента гигиены и безопасности труда, согласно стандарта OHSAS, представлена на рис. 1.

* Часть 1. Данной статьей начинается серия публикаций о системе менеджмента гигиены и безопасности труда OHSAS 18001:2007.

Организациям, которым требуется более общее руководство по широкому кругу вопросов, касающихся системы менеджмента гигиены и безопасности труда следует использовать OHSAS 18002.

Стандарт OHSAS 18001 (серии по оценке гигиены и безопасности труда) основан на методологии, известной как «Планируй-Делай-Проверяй-Корректируй» (ПДПК). Кратко методология ПДПК может быть описана следующим образом.

Планируй: установить цели и процессы, которые должны дать результат в соответствии с политикой организации в области гигиены и безопасности труда.

Делай: внедрить процессы.

Проверяй: осуществлять мониторинг и измерять процессы по отношению к политике в области гигиены и безопасности труда, целям, задачам, законодательным и другим требованиям, и сообщать результаты.

Корректируй: предпринимать действия по постоянному улучшению результативности гигиены и безопасности труда.

Многие организации управляют своими операциями с помощью системы процессов и их взаимодействий, которая называется «процессный подход». ISO 9001 рекомендует применять процессный подход. Поскольку ПДПК применим ко всем процессам, обе методологии совместимы.

Стандарт OHSAS содержит только те требования, которые могут быть подвергнуты объективному аудиту; стандарт не устанавливает абсолютных требований к результативности гигиены и безопасности труда, помимо обязательств политики в данной области соответствовать применимым законодательным требованиям и другим требованиям, принятым организацией по предупреждению травм и нанесению вреда здоровью. Поэтому, каждая из двух организаций, занимающихся аналогичной деятельностью, но имеющих различную результативность в сфере гигиены и безопасности труда, может соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Настоящий Международный стандарт не содержит требований, характерных для других систем менеджмента. Например, требований к менеджменту качества, экологии, охранной безопасности, финансового менеджмента, хотя его элементы могут быть согласованы или интегрированы с таковыми других систем. Организация может адаптировать свои су-

ществующие системы менеджмента с целью установления системы менеджмента гигиены и безопасности труда, соответствующей требованиям данного стандарта. Следует указать, что применение различных элементов системы менеджмента может отличаться в зависимости от намеченных целей и вовлеченных заинтересованных сторон.

Уровень детализации и сложности системы менеджмента гигиены и безопасности труда, объем документации и выделенных на нее ресурсов зависит от многих факторов, таких, как область распространения системы, величина организации, характер ее деятельности, производимых продуктов и услуг. В частности, это может касаться малых и средних предприятий.

Область применения OHSAS. Международный стандарт 18001 применим к любой организации, которая стремится:

- определить систему менеджмента гигиены и безопасности труда для устранения или минимизации рисков для персонала и других заинтересованных сторон, которые могут подвергаться опасностям при условиях труда, связанных с деятельностью организации;
- внедрить, поддерживать и улучшать систему менеджмента гигиены и безопасности труда;
- убедиться в том, что система отвечает требованиям установленной ею политики в области гигиены и безопасности труда;
- продемонстрировать соответствие настоящему стандарту OHSAS.

Это может быть достигнуто путем проведения самооценки и самодекларации или получения подтверждения своего соответствия сторонами, заинтересованными в деятельности организации. Такими сторонами могут выступать потребители.

Все требования стандарта OHSAS 18001 предназначены для включения в любую систему менеджмента гигиены и безопасности труда. Степень их применения зависит от таких факторов, как политика в области гигиены и безопасности труда организации, характер ее деятельности и рисков, а также сложности ее операций.

Стандарт OHSAS рассматривает вопросы гигиены и безопасности труда и не подразумевает рассмотрения других вопросов сферы здоровья и безопасности, таких как программы оздоровления сотрудников, без-

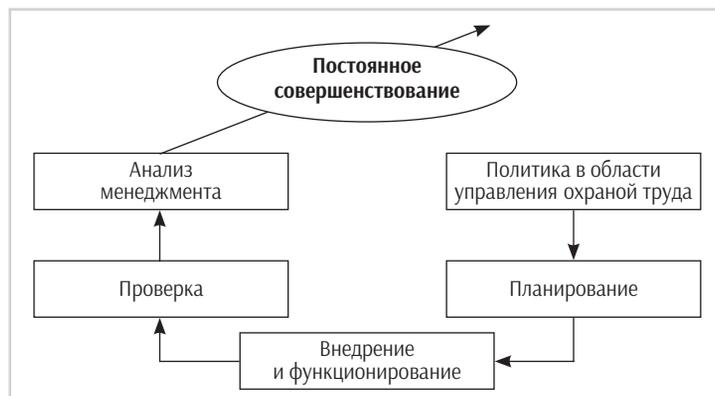


Рис. 1. Модель системы менеджмента гигиены и безопасности труда для данного стандарта OHSAS

опасности продукции, повреждения собственности или нанесения вреда окружающей среде.

Требования к системе менеджмента гигиены и безопасности труда. Организация должна установить, документировать, внедрить, поддерживать и постоянно улучшать систему менеджмента гигиены и безопасности труда в соответствии с требованиями стандарта OHSAS 18001, а также определить область ее применения и механизмы выполнения этих требований.

Высшее руководство организации должно определить и санкционировать политику организации в области гигиены и безопасности труда, гарантировать, что система менеджмента гигиены и безопасности труда:

- соответствует характеру и масштабу рисков в области гигиены и безопасности труда организации;
- включает обязательства по предупреждению травм и нанесению вреда здоровью, а также по постоянному улучшению системы менеджмента гигиены и безопасности труда и ее эффективности;
- соответствовать применяемому законодательству и другим требованиям, которые организация обязуется выполнять в области гигиены и безопасности труда;
- обеспечивает основу для установления и анализа целей в области гигиены и безопасности труда;
- документирована, внедрена и поддерживается;
- сообщена всем лицам, которые работают под управлением организации с целью уведомления об их индивидуальных обязательствах в области гигиены и безопасности труда;
- доступна для заинтересованных сторон;
- периодически анализируется для гарантии того, что политика остается актуальной и отвечает целям организации.

Идентификация опасностей, оценка рисков и определение мер управления. Организация в обязательном порядке должна установить и выполнять процедуры для текущей идентификации опасностей, оценки рисков и определения, необходимых мер управления.

Процедуры для идентификации опасностей и оценки рисков должны учитывать:

- стандартные и нестандартные виды деятельности;

- деятельность всех лиц, имеющих доступ к рабочему месту (включая субподрядчиков и посетителей);
- поведение людей, их возможности и другие человеческие факторы;
- идентифицированные опасности, источник которых не связан с рабочим местом, но которые способны вредно воздействовать на здоровье и безопасность лиц, находящихся на рабочем месте под управлением организации. Причем такие опасности может быть целесообразнее оценивать, как экологические:
- инфраструктуру, оборудование и материалы на рабочем месте, предоставленные как самой организацией, так и другими;
- изменения или предлагаемые изменения в организации, ее деятельности или материалах;
- модификации системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности, включая временные изменения, и их влияния на операции, процессы и деятельность;
- любые применимые законодательные обязательства, касающиеся оценки рисков и внедрения необходимых мер управления;
- конструктивное исполнение рабочих участков, процессов, установок, машин/оборудования, операционных процедур и организации работы, включая их адаптацию к человеческим возможностям.

Методология организации для идентификации опасностей и оценки рисков должна:

- быть определена с учетом области применения, характера и графика для придания ей характера предупреждающего, нежели реагирующего;
- обеспечить идентификацию, назначение приоритетов и документирование рисков, и использование подходящих мер управления.

Для руководства изменениями организация должна определить опасности и риски гигиены и безопасности труда, связанные с этими мероприятиями до их введения.

Организация должна гарантировать, что результаты этой оценки принимаются во внимание при определении мер управления.

При определении мер управления, или при рассмотрении изменений существующих мер управления, следует учитывать следующую иерархию мер по сокращению рисков, таких как: устранение, замена, инженерные меры управления, предупреждение и/или административное управление, средства индивидуальной защиты.

Организация должна документировать и обновлять результаты идентификации опасностей, оценки рисков и установленных мер управления, а также гарантировать, что риски в сфере профессионального здоровья и безопасности, и установленные меры управления рассматриваются при установке, внедрении и поддержке системы менеджмента гигиены и безопасности труда.

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: 01350, г. Киев, а/я 337, «Сварщик в России».

913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924
925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936
937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948
949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960
961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972
973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984
985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2016 г.

_____ *подпись*

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу 2016 г.

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 полоса	210×295	20000
1/2 полосы	180×125	10000
1/4 полосы	88×125	5000

На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	45000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	30000
2		28000
7		26000

На страницах внутренней обложки

Стр. (площадь)	Размер, мм	Стоимость, руб.
3, 1 полоса	210×295	25000
4, 1 полоса,	210×295	23000
3 и 4, 1/2 полосы	180×125	12000
5 и 6, 1 полоса)	210×295	22000
5 и 6, 1/2 полосы	180×125	11000

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 7500 руб.

Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»: формат издания после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 15 мм.

Файлы принимаются в форматах: PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PSD, EPS, CDR, QXD с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветные палитру CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов.

Сопроводительные материалы: распечатка файла обязательна, для цветных макетов – цветная, с названием файла, размерами макета и подписью заказчика. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.

Носители: CD, DVD, или флэш-диск.

Зам. гл. ред., рук. ред. отд. **В. Г. Абрамишвили**, к. ф.-м. н.:
тел./факс: +380 44 **200-80-14**, моб. +380 50 **413-98-86**
e-mail: welder.kiev@gmail.com

Зам. рук. ред. отд., ред., **О. А. Трофимец:**

тел./факс: +380 44 **200-80-18**

e-mail: trofimits.welder@gmail.com

www.welder.stc-paton.com

Заполняется печатными буквами