



2 (54) 2007

Журнал выходит 6 раз в год.
Издается с апреля 1998 г.
Подписной индекс **22405**

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

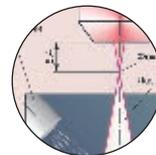
информационно-технический журнал Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

2-2007

СОДЕРЖАНИЕ

	Новости техники и технологий	3
	Производственный опыт	
	Применение технологии электрошлаковой наплавки расходуемым электродом при производстве композитных сортопрокатных валков. <i>С. Г. Красильников, В. П. Гулида, И. С. Савченко, С. Н. Литвиненко</i>	6
	Объемная термообработка реактора способом внутреннего нагрева в условиях реконструкции действующего производства. <i>В. А. Бабкин, А. И. Лавров, П. Б. Ловырев, М. Н. Трухан, О. Г. Финогентов, Н. В. Кораблев, П. М. Корольков</i>	8
	Изготовление втулок землесосов с применением наплавки порошковой проволокой. <i>В. А. Войтенко, А. В. Хилько</i>	9
	Наши консультации	10
	Технологии и оборудование	
	Электроды АНО-102 для судостроения и судоремонта. <i>И. К. Походня, И. Р. Явдошин, О. И. Фольборт</i>	12
	Разработка технологии и оборудования для нанесения композиционных порошковых покрытий специального назначения. <i>Э. Р. Галимов, Э. Е. Тукбаев, Э. В. Зверев, С. А. Воронцов, А. А. Каримов, Н. Я. Галимова</i>	15
	Совершенствование технологии контактной сварки труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. <i>А. Б. Кашкаров, В. В. Ветер, А. А. Бабанов</i>	18
	Очистка поверхности сварных соединений. <i>А. А. Кайдалов</i>	20
	Ультразвуковая сварка металлов вчера, сегодня и завтра. <i>Ю. В. Холопов, В. В. Башенко</i>	26
	Исследование возможности проведения акустико-эмиссионной диагностики прочностной надежности комбинированных баллонов. <i>М. Б. Милешкин, И. В. Библик, Г. И. Мамин</i>	30
	Плазменно-дуговая технология получения нового экологически чистого топлива для автотранспорта. <i>С. В. Петров, В. Н. Коржик, Г. С. Маринский, А. В. Вербовский</i>	32
	Лазерная наплавка металлическими порошками. <i>Frantisek Kolenic, Peter Blazicek, Miroslav Kosecek</i>	35
	Зарубежные коллеги	
	Журнал ZVARAC	40
	Охрана труда	
	Минимизация выделений вредных веществ при механизированной сварке в защитных газах. <i>О. Г. Левченко</i>	42
	Сертификация и качество	
	Международная система сертификации «ПатонСерт». <i>Л. М. Лобанов, Н. П. Проценко</i>	46
	Календарь выставок на 2007 г.	49
	Как подготовить статью к публикации	50
	Анкета	51



Новини техніки і технологій	3
Виробничий досвід	
• Застосування технології електрошлакового наплавлення електродом, що витрачається, при виробництві композитних сортопрокатних валків. С. Г. Красильников, В. П. Гулида, І. С. Савченко, С. Н. Литвиненко	6
• Об'ємна термообробка реактора способом внутрішнього нагрівання в умовах реконструкції діючого виробництва. В. А. Бабкін, А. І. Лавров, П. Б. Лови́рев, М. Н. Трухан, О. Г. Финогентов, Н. В. Корабльов, П. М. Корольков	8
• Виготовлення втулок землесосів із застосуванням наплавлення порошковим дротом. В. А. Войтенко, А. В. Хилько	9
Наші консультації	10
Технології й устаткування	
• Електроди АНО-102 для суднобудування й судноремонту. І. К. Походня, І. Р. Явдошин, О. І. Фольборт	12
• Розробка технології й устаткування для нанесення композиційних порошкових покриттів спеціального призначення. Е. Р. Галімов, Е. Є. Тукбаєв, Е. В. Зверев, С. А. Воронцов, А. А. Карімов, Н. Я. Галімова	15
• Вдосконалювання технології контактного зварювання труб з високоміцного чавуну з кулястим графітом. А. Б. Кашкаров, В. В. Ветер, А. А. Бабанов	18
• Очищення поверхні зварних з'єднань. А. А. Кайдалов	20
• Ультразвукове зварювання металів учора, сьогодні й завтра. Ю. В. Холопов, В. В. Башенко	26
• Дослідження можливості проведення акустико-емісійної діагностики міцності надійності комбінованих балонів. М. Б. Мілешкін, І. В. Біблік, Г. І. Мамін	30
• Плазменно-дугова технологія одержання нового екологічно чистого палива для автотранспорту. С. В. Петров, В. Н. Коржик, Г. С. Маринський, А. В. Вербовський	32
• Лазерне наплавлення металевими порошками. Frantisek Kolenic, Peter Blazicek, Miroslav Kosecek	35
Зарубіжні колеги	
• Журнал ZVARAC	40
Охорона праці	
• Мінімізація виділень шкідливих речовин при механізованому зварюванні в захисних газах. О. Г. Левченко	42
Сертифікація і якість	
• Міжнародна система сертифікації «ПатонСерт». Л. М. Лобанов, Н. П. Проценко	46
• Календар виставок на 2007 р.	49
• Як підготувати статтю до публікації	50
• Анкета	51
CONTENT	
News of technique and technologies	3
Industrial experience	
• Application of technology of electroslag cladding by a melting electrode during manufacture of composite bar rold. S.G. Krasilnikov, V.P.Gulida, I.S.Savchenko, S.N.Litvinenko	6
• Volumetric heat of reactor treatment by a way of internal heating in conditions of reconstruction of working manufacture. V.A.Babkin, A.I.Lavrov, P.B.Lovyrev, M.N.Truhan, O.G.Phinogentov, N.V.Korablev, P.M.Korol'kov	8
• Manufacturing of cartridges землесосов with application of cladding by a powder wire. V.A.Voytenko, A.V.Hil'ko	9
Our consultations	10
Technologies and equipment	
• Electrodes ANO-102 for shipbuilding and ship repair. I.K.Pokhodnya, I.P.Yavdoshchin, O.I.Folbort	12
• Development of technology and equipment for deposition composite powder coverings of special assignment. E.R.Galimov, E.E.Tukbayev, E.V.Zverev, S.A.Vorontsov, A.A.Karimov, N.Ya.Galimova	15
• Perfection of technology of resistance welding of pipes from high-strength pig-iron with spherical graphite. A.B.Kashkarov, V.V.Veter, A.A.Babanov	18
• Cleaning of a surface of welded joints. A. A. Kaydalov	20
• Ultrasonic welding of metals yesterday, today and tomorrow. Yu.V.Holopov, V.V.Bashenko	26
• Research of an opportunity of realization acoustic emission diagnostics of strength reliability of the combined cylinders. M.B.Mileshkin, I.V.Biblik, G.I.Mamin	30
• Plasma arc technology of obtaining of new ecologically pure fuel for a vehicle. S.V.Petrov, V.N.Korzhih, G.S.Mariniski, A.V.Verbovskiy	32
• Laser cladding by metal powders. Frantisek Kolenic, Peter Blazicek, Miroslav Kosecek	35
The foreign colleagues	
• Magazine ZVARAC	40
Labor protection	
• Minimization of emanation of deleterious substances at the mechanized welding in protective gases. O.G. Levchenko	42
Certification and quality	
• The international system of certification «PatonSepro». L.M. Lobanov, N.P.Protsenko	46
• Calendar of exhibitions on 2007	49
• How to prepare article for the publication	50
• The questionnaire	51

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Учредители

Институт электросварки
им. Е. О. Патона НАН Украины,
Государственное предприятие
внедренческое предприятие
«Экотехнология»

Издатель

ГВП «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают



Общество сварщиков Украины,
Национальный технический
университет Украины «КПИ»

Журнал издается
при содействии UNIDO

Главный редактор

К. А. Ющенко

Зам. главного редактора

Б. В. Юрлов,
Е. К. Доброхотова

Редакционная коллегия

В. В. Андреев,
В. Н. Бернадский,
Ю. К. Бондаренко,
Ю. В. Демченко,
В. М. Илющенко,
А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко,
П. П. Проценко, И. А. Рябцев

Редакционный совет

В. Г. Фартушный (председатель),
Н. В. Высоколян, Н. М. Кононов,
П. А. Косенко, М. А. Лактионов,
Я. И. Микитин, Г. В. Павленко,
В. Н. Проскудин,
А. Д. Размышляев,
А. В. Щербак

Редакция

Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина

Маркетинг и реклама

В. Г. Абрамишвили,
Ю. Б. Иванова

Верстка

Т. Д. Пашигорова, А. Е. Рублева

Адрес редакции

03150 Киев, ул. Горького, 66

Телефон

+380 44 528 3523, 529 8651

Тел./факс

+380 44 287 6502

E-mail

welder@et.ua,
welder@welder.kiev.ua

URL

http://www.et.ua/welder/

Представительство в Беларуси

Минск
Вячеслав Дмитриевич Сиваков
+375 17 213 1991, 246 4245

Представительство в России

Москва, ООО «Центр
трансфера технологий»
Анита Анатольевна Фокина
+7 495 626 0905, 626 0347
e-mail: cct94@mail.ru

Представительство в Прибалтике

Рига, Янис Андерсон
+371 7 538 974,
+371 7 538 345 (ф.)
e-mail: janis2211@gmail.com

Вильнюс, Александр Шахов
+370 52 47 4301
ПФ «Рекламос Центрас»

Представительство в Болгарии

София, Стоян Томанов
+359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)
e-mail: evertood@mail.bg
ООД «Евэрт-КТМ»

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» обязательна.

Подписано в печать 30.03.2007. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. Гарнитура Petersburg. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 30/03 от 30.03.2007. Тираж 3000 экз. Печать: издательство «Аврора Принт», 2007. 02081 Киев, ул. Причальная, 5. Тел./ф. (044) 502-61-31.

© «Экотехнология», 2007



Новый высокотехнологичный сварочный полуавтомат ПДГО–512 «Урал»

Полуавтомат ПДГО–512 «Урал» предназначен для дуговой сварки на постоянном токе плавящейся электродной проволокой (сплошной, порошковой) в среде защитных газов изделий из низкоуглеродистых, легированных и коррозионно-стойких сталей протяженными, прерывистыми и точечными швами («точками») в различных пространственных положениях.

Полуавтомат оснащен четырехроликовым механизмом подачи проволоки с электродвигателем мощностью 90 Вт, кассетодержателем под еврокассету диаметром 300 мм для сварочной проволоки, клапаном включения подачи газа, цифровым блоком управления процессом сварки (БУ).

Полуавтомат ПДГО–512 «Урал» обеспечивает:

- подключение горелок с евроразъемом типа KZ–2;
- включение и отключение клапана подачи защитного газа;
- дистанционное включение и отключение сварочного источника;
- плавное регулирование скорости подачи проволоки;
- плавное дистанционное регулирование сварочного напряжения;



Техническая характеристика:

Сила номинального сварочного тока (ПВ=60% при цикле сварки 5 мин), А	500
Напряжение питания, В	36
Диаметр используемой проволоки, мм	0,8–3,2
Масса бухты сварочной проволоки, кг	15
Габаритные размеры, мм	560×200×490
Масса (без проволоки), кг	18

- канал обратной связи с БУ источника напряжения дуги;
- питание подогревателя газа (36 В) от розетки на корпусе.

Наличие канала обратной связи с БУ источника по напряжению сварочной дуги позволяет компенсировать падение напряжения в сварочных кабелях и устранять связанную с этим неопределенность, препятствующую точному поддержанию режима сварки. Для реализации этой функции следует использовать источники серии ВДУ–МТ или агрегаты АДДУ производства ЗАО «Уралтермосвар». Специальный потенциальный провод с зажимом для подключения к свариваемому изделию входит в комплект полуавтомата.

Процессы подачи электродной проволоки, защитного газа и сварочного напряжения запрограммированы в микроконтроллере БУ и управляются кнопкой на горелке.

Наиболее эффективно применение полуавтомата при совместной работе с источниками питания ВДУ–306МТ, ВДУ–506МТ и агрегатами типа АДДУ с тиристорным регулированием. Температура окружающей среды при эксплуатации от минус 40 до плюс 40 °С.

● #763

Завод сварочного оборудования «Уралтермосвар» (Екатеринбург)

Ультрафиолетовый маркер Ezy–Track™

В Австралии создан маркер для сварщиков Ezy–Track™, который оставляет след на поверхности свариваемых заготовок, светящийся в ультрафиолетовых лучах от зоны сварки. В комплекте с маркером имеется и специальный световой фильтр, позволяющий сварщику без затруднений видеть этот след во время сварки. Это позволяет сварщику избежать ошибок при контроле длины шва и траектории сварки. Маркер полезен как профессиональным сварщикам, так и начинающим. Он незаменим при сварке резервуаров, сосудов давления, судов, в ограниченных пространствах, в задымленных местах, в метро, в туннелях и шахтах.

Цветной фильтр размером 2"×4,25" вставляется в стандартные сварочные шлемы.

Его можно использовать также в шлемах с автозатемняющимися фильтрами. Маркер находится в защитном чехле диаметром 20 и длиной 100 мм.

Маркер можно использовать при ручной дуговой сварке (ММА) и дуговой сварке в защитных газах (GMAW) сталей и других металлов, в том числе нержавеющей стали и алюминия. Маркер не пригоден для кислородно-ацетиленовой сварки, а также для сварки замасленных, грязных поверхностей или поверхностей, которые обработаны средством от прилипания брызг расплава. Маркер нетоксичен, не излучает рентгеновских лучей, не содержит вредных для сварочной ванны веществ. След, оставляемый маркером на поверхности металла, выдерживает температуру 3000 °С.

В комплект «Combo Pack» входит маркер, специальный цветной фильтр и сварочный фильтр № 8. В комплект «Multi Pack» входит три заправляемых маркера. Специальный цветной фильтр имеет такую же плотность, как и сварочный фильтр № 2, поэтому его использование совместно с фильтром № 8 эквивалентно по защите фильтру № 10.

● #764

www.ezy-track.ca

Портальная машина газоплазменного раскроя металла с ЧПУ

Машины совместного чешско-австралийского предприятия Pierce Control Automation по типу резки делятся на три вида: для газовой резки, для плазменной резки, а также комбинированные для газовой и плазменной резки на одном портале.

Газовая резка применяется при резке низкоуглеродистых сталей с толщиной листа 6–200 мм. Этому виду резки соответствуют следующие технические условия:

Толщина листа, мм	6–20	20–50	60–120	130–200
Ширина реза, мм	1,5–2,2	2,2–3,0	3,0–3,5	3,5–6,0
Расход кислорода, м ³ /м реза	0,06	0,19	0,75	2,58
Расход пропана, м ³ /м реза	0,004	0,012	0,047	0,161
Скорость резки, мм/мин	700–400	550–220	250–180	180–110
Время прогрева металла перед пробоем, с	5–25	25–60	70–150	160–240
Минимальный радиус вырезаемых отверстий, мм	4–10	10–30	30–80	100–150

Использование машины для газовой резки дает следующие преимущества:

- высокую точность размеров деталей по контуру (+0,4 мм);
- отсутствие вертикального отклонения (скоса) на разрезаемой грани;
- минимальное количество грата (легко отделяемого от деталей);
- отсутствие подкалывания разрезаемых граней;
- высокую чистоту разрезаемой грани (не требуется дополнительная механическая обработка).

К недостаткам можно отнести невозможность резать цветные металлы и нержавеющую сталь, относительно низкую скорость и среднее качество резки тонких листов (менее 6 мм).

Процесс **плазменной резки** основан на использовании воздушно-плазменной дуги постоянного тока прямого действия (электрод–катод, разрезаемый металл – анод). Сущность процесса заключается в местном расплавлении (температура 16000–22000 °С) и выдувании расплавленного металла с образованием полости реза при перемещении плазменного резака относительно разрезаемого металла. Плазмообразующий газ – сухой воздух (требуется компрессор и осушитель воздуха) или азот (для очень качественной резки нержавеющей стали).

Для плазменной резки машина применяется в следующих случаях (данные приведены для источника плазмы Hypertherm PM–1250 производства США):

- резка тонкого листового металла толщиной 0,4–20 мм;
- резка листовой нержавеющей стали толщиной 0,4–16,0 мм;
- резка цветных металлов толщиной 0,4–14 мм.

Скорость резки 800–10 000 мм/мин. Потребляемая мощность 3–12 кВт·А/ч.



Преимущества плазменной резки:

- высокая скорость резки, отсутствие термических деформаций разрезаемого материала;
- низкая себестоимость резки тонких листов до 6 мм (0,5–3,5 грн/м);
- радиус отверстия не менее 0,5 толщины металла.

К недостаткам можно отнести наличие скоса на одной из разрезаемых граней (не более 10%), ограниченный ресурс сопла и электрода в плазмотроне (электрода хватает на 200–300 пробоев металла и 3–6 ч резки в зависимости от силы рабочего тока, ресурс сопла в 2–3 раза выше).

Машины **комбинированного класса** конструктивно имеют оба режима резки (как правило две головки – газ и одна – плазма). Используется один или другой режим в зависимости от вида и толщины разрезаемого металла.

ЧПУ или контроллер может быть двух видов:

- BURNY–2,5 с числовым координатным программированием применяется, как правило, для резки металла на полосы или вырезания стандартных форм (фланцы, проушины, кольца, подпятники, косынки и др.);
- BURNY–10 plus – программирование и управление машиной при помощи компьютера (программами «Компас» или «Автокад»), что позволяет вырезать детали любой конфигурации.

ЧПУ выбирают исходя из решаемых задач по резке металла.

● #765

ППФ «Альт Индекс» (Львов)

Малогабаритная машинка МРТ-01 для резки труб

Машинка предназначена для резки стальных труб в полевых условиях. Она представляет собой каретку, перемещающуюся по поверхности вокруг разрезаемой трубы. На каретке закреплен режущий инструмент — возможен кислородный или плазменный резак. Привод перемещения каретки ручной, с дистанционной передачей вращения на червячный редуктор посредством гибкого вала. Точная траектория перемещения задается многозвенной цепью, надетой на разрезаемую трубу по разметке.

Настройки механизма позволяют выполнять машинкой МРТ-01 поперечную резку с разделкой кромок под сварку, резку под углом к оси трубы по разметке. Указанные операции могут быть выполнены на трубах различных диаметров. Машинка комплектуется направляющей цепью, длина которой рассчитана на трубу с наибольшим диаметром 1420 мм (с возможностью укоротить для других диаметров).

Машинку можно легко доставить к месту работы и быстро установить на трубу.



Техническая характеристика:

Размер разрезаемых труб, мм:

наружный диаметр 219–1420
толщина стенки 3–30

Отклонение траектории реза

на его замыкании, мм, не более 1,5

Длина гибкого вала, м 1,2

Габаритные размеры каретки, мм 450×250×200

Масса (без цепи), кг 3,8

Например, затраты времени при отрезании кислородным резаком трубы диаметром 426 мм с толщиной стенки 12 мм составляют 6 мин на разметку и установку и 4,5 мин на резку.

Машинка предназначена для работы при температуре от минус 45 °С до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха 75% при температуре 15 °С.

● #766

Завод сварочного оборудования «Уралтермосвар» (Екатеринбург)

Автоматизированная универсальная установка LRS-150A



Многофункциональная автоматизированная установка LRS-150A предназначена для лазерной сварки, наплавки, прошивки отверстий, контурной резки и гравировки. Она оснащена автоматизированным двухкоординатным соплом с микроконтроллерным управлением и предназначена для выполнения широкого круга задач.

Техническая характеристика:

Режим работы Импульсно-периодический

Длина волны излучения, мкм 1,06

Максимальная энергия импульса, Дж 60

Средняя мощность, Вт 150

Длительность импульса, мс 0,2–20

Частота следования импульсов, Гц 1–100

Диаметр пятна излучения (регулируемый), мм 0,3–2

Координатный стол:

максимальный ход X–Y, мм 250×550

скорость перемещения, мм/с До 40

точность позиционирования, мкм ±20

грузоподъемность, кг До 25

Управление Ручное, полуавтоматическое,

возможность конвертирования чертежей

AutoCAD в используемую программу

Габаритные размеры, мм 1215×540×1200

Масса установки, кг 150

Перемещение излучателя лазера в вертикальной плоскости в сочетании с использованием перископической насадки, разворачивающей луч лазера в двух плоскостях, создают уникальные возможности обработки не только плоских поверхностей, но и деталей в форме объемных тел вращения.

Широкий диапазон регулирования параметров излучения позволяет производить сварку и наплавку конструкционных сталей, цветных металлов и сплавов.

● #767

ОКБ «Булат» (Москва)



Применение технологии электрошлаковой наплавки расходуемым электродом при производстве композитных сортопрокатных валков

С. Г. Красильников, В. П. Гулида, И. С. Савченко, С. Н. Литвиненко, ЗАО «НКМЗ» (Краматорск)

Одним из важнейших видов продукции, выпускаемой НКМЗ, является прокатное оборудование. При создании и изготовлении современного прокатного оборудования особое внимание уделяют валкам — основному инструменту, от качества и эксплуатационных характеристик которого в целом зависит эффективность работы станков.

Уровень и темпы развития валкового хозяйства в черной металлургии существенно отстают от современных требований быстроразвивающегося производства. В этой связи весьма актуальным является поиск новых технических решений по разработке перспективных конструкций и технологий изготовления валков, максимально удовлетворяющих потребителей.

НКМЗ в основном специализируется на изготовлении рабочих и опорных валков для листопркатных станков. Завод, обладая богатым многолет-

ним опытом успешного использования совместно с ИЭС им. Е. О. Патона электрошлаковых технологий (электрошлаковая сварка сверхкрупных заготовок для уникальных машин и оборудования и электрошлаковый переплав для получения высококачественных слитков), остановил свой выбор на разработке и освоении производства композитных валков с помощью электрошлаковой наплавки. На заводе создан специальный комплекс оборудования, разработана и освоена технология производства листовых станков горячей прокатки композитных рабочих и опорных валков с электрошлаковой наплавкой жидким металлом (ЭШН ЖМ) на стальную ось высокохромистого чугуна и быстрорежущего сплава в качестве рабочего слоя.

Существенное количество валков эксплуатируют в сортовых станах. Так, годовой объем потребности валков только для проволочных и мелкосортных станков составляет в странах СНГ около 8000 шт.; на эти станы в настоящее время поставляют в основном чугунные цельнолитые валки производства Лутугинского объединения прокатных валков и Кушвинского завода прокатных валков. Для собственных нужд определенную часть валков изготавливают ОАО «ММК» (Магнитогорск), ОАО «Северсталь» (Череповец), ООО «КМК» (Новокузнецк), ОАО «Металлургический завод им. А. К. Серова» (Серов) и др.

На сортовых станах некоторых металлургических предприятий в клетях черновой группы применяют составные бандажированные валки конструкции «SKET» (Германия); при этом ось валка — легированная хромомолибденовая сталь, бандаж — чугун с шаровидным или перлитным графитом твердостью 50–60 HSD. Бандажи крепят на оси специальным клеем; валки остальных клетей цельнолитые из сфероидизированного или отбеленного чугуна.

В СЗАО «Молдавский металлургический завод» (Рыбница), РУП «Белорусский металлургический завод» (Жлобин), Liepajas Metalurģis (Лиепая, Латвия) в клетях чистовой группы мелкосортных станков используют механически закрепленные на оси валка бандажи из твердого сплава производства фирмы Sandvik (Швеция). Известны также твердо-

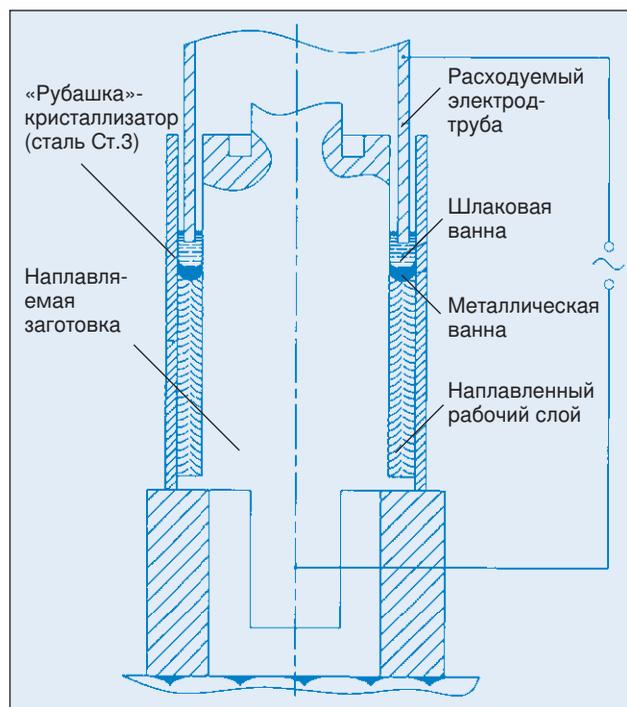


Рис. 1. Схема электрошлаковой наплавки расходуемым электродом сортопрокатных композитных валков

сплавные бандажи фирмы KARK Maschinenfabrik GmbH (Германия) с гидравлично-механическим зажимом на оси валка.

В практике эксплуатации цельнолитых чугунных сортопрокатных валков наблюдается разрушение шеек и бочек, технологию изготовления которых характеризуют ограниченные возможности получения равномерной износостойкости по глубине рабочего слоя.

Особенностью конструкции валков сортовых станов является наличие калибров на поверхности бочек. Профиль калибров имеет различную глубину и конфигурацию в зависимости от группы, номера клетки и типа прокатываемого сортамента. От износостойкости калибров зависят эффективность и ресурс работы валков. Толщина отбеленного слоя ограничена возможностями существующей традиционной технологии отливки валков (методом статического или центробежного литья) и составляет обычно 10–30 мм. При изготовлении калибров в процессе вальцетокарной обработки неизбежно удаляется часть отбеленного, наиболее износостойкого слоя. При этом значительная часть рабочей поверхности калибра, особенно участков, прилегающих к основанию его полости, после механической обработки и последующих переточек располагается в переходной зоне, где твердость и, следовательно, износостойкость имеют пониженные значения, в результате наработка калибра на объем прокатываемого материала за весь период эксплуатации валка имеет сравнительно низкие показатели.

В этой связи весьма актуальным является разработка и освоение новых технологий изготовления сортопрокатных валков с повышенными показателями эксплуатационных характеристик.

НКМЗ было выбрано перспективное направление по изготовлению композитных сортопрокатных валков с применением оригинальной технологии электрошлаковой наплавки расходуемым электродом (ЭШН РЭ) рабочего слоя отбеленным чугуном на стальную основу (Патенты Украины № 32476 и № 40007). На *рис. 1* показана схема процесса наплавки.

В качестве основы — оси используют кованую заготовку из стали 45, на которую наплавляют рабочий слой толщиной 30–50 мм чугуновой трубой из комплексно-легированного хромоникелевого чугуна типа «нихард». Поверхность рабочего слоя формируют с помощью стальной «рубашки» толщиной 10 мм, выполняющей роль кристаллизатора.

Электрошлаковая наплавка, выполняемая по разработанной технологии, сопровождается благоприятным термомодеформационным циклом, при котором создаются оптимальные условия кристаллизации с формированием в наплавленном слое структуры отбеленного чугуна; исключается образование напряжений, вызывающих хрупкие разрушения. В результате применения специально разработанного



Рис. 2. Общий вид опытных композитных сортопрокатных валков (диаметр бочки валка 340 мм, длина 500 мм) с ЭШН отбеленным чугуном рабочего слоя (толщина слоя 35 мм)



Рис. 3. Общий вид нарезки на опытном композитном валке «зуба» в полости ручьев с получением профиля калибра для прокатки арматуры № 16 DIN488 в чистой клетке мелкосортно-проволочного стана МС 320/150

флюса обеспечивается надежное сплавление с основой при минимальном проплавлении (менее 1 мм, что соизмеримо с процессом пайки). Химический состав легирующих элементов в наплавленном слое практически не отличается от исходного их содержания в расходуемом электроде-трубе, а количество серы и фосфора на порядок ниже, чем в рабочем слое чугунных цельнолитых валков.

После ЭШН стальную «рубашку» удаляют механической обработкой. Наплавленный рабочий слой характеризует равномерное распределение по сечению твердости на уровне 75–80 HSD.

Были проведены испытания работоспособности и эксплуатационных характеристик экспериментальных композитных валков (*рис. 2*). Наробotka калибра при установке композитных валков в чистой клетке мелкосортного проволочного стана DIN 320/150 при прокатке арматурного профиля № 16 DIN 488 (*рис. 3*) в 2,5–3,0 раза превышает наработку калибра при прокатке указанного профиля с использованием штатных цельнолитых чугунных валков.

Таким образом, предлагаемая новая технология изготовления прокатных валков для сортовых станов обеспечивает более высокие эксплуатационные показатели износостойкости и долговечности, что определяет преимущества композитных сортопрокатных валков.

● #768

Объемная термообработка реактора способом внутреннего нагрева в условиях реконструкции действующего производства

В. А. Бабкин, А. И. Лавров, П. Б. Ловырев, М. Н. Трухан, ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» (Волгоград), О. Г. Финогентов, Н. В. Кораблев, ОАО «Казаньоргсинтез», П. М. Корольков, ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» (Москва)

Предприятием ОАО «Казаньоргсинтез» была проведена реконструкция реактора установки для производства полиэтилена низкого давления. Одним из изменений в конструкции реактора являлась варка в корпус 36 новых технологических штуцеров различного диаметра, расположенных по высоте на 11 уровнях между отметками 1432–13531 мм. Толщина стенок реактора в местах варки штуцеров 45 и 65 мм. Материал — сталь А52РР1, отечественный аналог — сталь 09Г2С. Диаметр цилиндрической части корпуса реактора 4420 мм.

В соответствии с требованиями нормативно-технической документации все вновь выполненные сварные соединения должны пройти термическую обработку по режиму высокого отпуска с целью снижения уровня остаточных сварочных напряжений.

Термообработку той части корпуса реактора, в которую вварены штуцера, предусматривалось проводить согласно техническим условиям проекта ЗАО «Петрохим Инжиниринг» путем ввода теплоносителя во внутреннюю полость реактора (известный способ внепечного объемного нагрева для снятия остаточных напряжений).

Наружную поверхность участка реактора, подлежащего нагреву, накрыли минераловатными матами толщиной 100 мм, а часть внутреннего объема, куда подавался теплоноситель, снизу и сверху ограничили временными теплоизолирующими перегородками. Схема термообработки реактора приведена на рисунке. Продукты сгорания подавали во внутреннюю полость отдельного участка реактора через устройства ввода теплоносителя, закрепленные на фланцах штуцеров, причем конструкция устройств позволяла при необходимости изменять направление тепловых потоков. Выход отработанных продуктов сгорания осуществлялся через ряд штатных штуцеров.

В качестве источников тепловой энергии использовали два жидкотопливных теплогенератора ГГЖ–1 мощностью 1 МВт каждый. Особенность конструкции применяемых теплогенераторов обеспечивала высокую скорость подачи теплоносителя во внутренний объем нагреваемого объекта, что в свою очередь вызывало интенсивную рециркуляцию продуктов сгорания в его внутреннем пространстве и способствовала равномерному распределению температуры по всей площади нагреваемой поверхности.

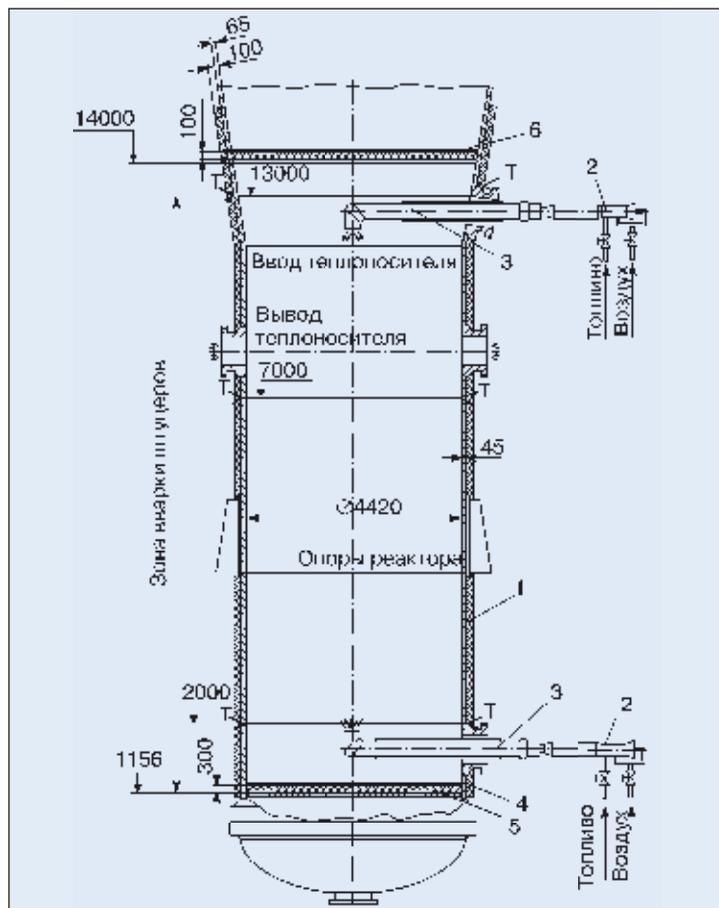


Рисунок. Схема термообработки реактора: 1 — корпус; 2 — теплогенератор; 3 — устройство ввода теплоносителя; 4 — теплоизоляция; 5, 6 — теплоизолирующие перегородки; Т — термомпары

Для измерения температуры на наружной поверхности корпуса реактора были установлены термоэлектрические преобразователи (термопары) типа ТХА (К). Расположение термопар и их количество выбирали таким образом, чтобы можно было контролировать температуру нагрева как по высоте, так и по диаметру конструкции.

Управляли процессом нагрева вручную, изменяя мощность теплогенераторов (интенсивность подачи теплоносителя) и направления тепловых потоков.

Нагрев контролировали по показаниям автоматического регистрирующего потенциометра ФЩЛ 501–14, которые записывались на диаграммную ленту. Скорость нагрева составляла $70\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, температура нагрева $580\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$, время выдержки $2,2\text{ ч}$, скорость охлаждения $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ч}$. Перепад температур в нагреваемом объеме реактора в период выдержки превышал $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Общий

цикл термообработки без подготовительных работ составил 16 ч . Расход дизельного топлива на нагрев участка реактора массой 70 т составил 1600 л .

Термообработку выполняли по технологии ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры».

Для сварных соединений проводили 100% -й контроль методами УЗД и цветной дефектоскопии, аппарат подвергали пневматическим испытаниям в сочетании с акустико-эмиссионным контролем. Дефектов не обнаружено.

Разработанная технология обеспечивает возможность управления процессом на всех этапах термообработки (нагрев, выдержка, охлаждение). Применение способа внепечного объемного нагрева позволило значительно сократить сроки реконструкции реакторов с обеспечением качества термообработки, соответствующего качеству изделия, нагретого в термической печи. ● #769

Изготовление втулок землесосов с применением наплавки порошковой проволокой

В. А. Войтенко, ЧП «Войтенко» (Днепропетровск),

А. В. Хилько, ООО ТМ «ВЕЛТЕК» (Киев)

Эффективность использования землесосов на горно-обогатительных комбинатах (ГОК) ограничивается недостаточной стойкостью защитных втулок. Втулки работают в тяжелых условиях абразивного и ударного нагружения. Замена вышедших из строя защитных втулок занимает значительное время и повышает затраты. Защитные втулки, изготавливаемые из чугуна, износостойки, но сложны в изготовлении и склонны к хрупкому разрушению при воздействии ударных нагрузок. С целью повышения стойкости защитных втулок к ударным нагрузкам и снижения их стоимости была разработана технология изготовления втулок наплавкой. Для изготовления корпуса втул-

ки использовали трубу диаметром 350 мм из стали 40X (рисунок). Перед наплавкой заготовки подвергали механической обработке на токарном станке, затем нагревали до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. В качестве наплавочного материала применяли проволоку ВЕЛТЕК–Н550 диаметром $3,6\text{--}3,0\text{ мм}$ в сочетании с флюсом АН20. Структуру наплавленного металла характеризует размер зерна $150\text{--}200\text{ мкм}$. В теле зерна формируется дисперсная мартенситная матрица, упрочненная карбидами типа MeC (WC , VC). Твердость мартенситной матрицы составляет $50\text{--}52\text{ HRC}_3$. Формирование такой структуры обеспечивает высокую абразивную стойкость наплавленного металла.

Наплавку выполняли в три слоя на режиме $I=350\text{--}400\text{ А}$, $U=28\text{--}30\text{ В}$. После окончания наплавки втулку помещали в термостат для замедленного охлаждения. Далее партию наплавленных втулок подвергали отпуску в печи при температуре $540\text{--}560\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч для снятия остаточных напряжений. Начальная температура в печи $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, после выравнивания температуры скорость нагрева и охлаждения не превышала $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ч}$. Остывшую втулку обрабатывали на токарном станке, затем шлифовали до получения заданного размера. Твердость рабочей поверхности наплавленного металла была равна $52\text{--}56\text{ HRC}_3$.

Опыт эксплуатации втулок на Ингулецком и Северном ГОКах доказал их высокую стойкость. ● #770

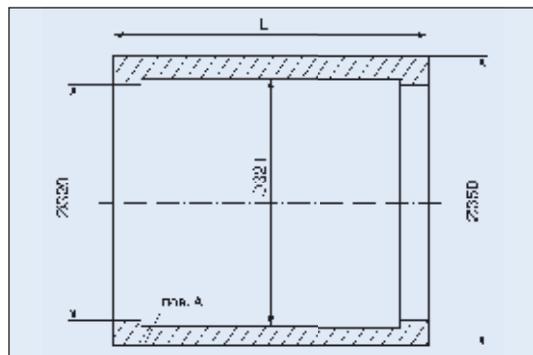


Рисунок.
Защитная
втулка
землесоса
серии ГРТ–2
(8000/71)



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.

Посоветуйте, как качественно выполнять сварку в защитных газах на открытых монтажных площадках?

Д. В. Чулкин (Екатеринбург)

При изготовлении металлоконструкций на открытых площадках ряд неблагоприятных факторов может снизить качество сварных соединений. К таким факторам относят ветер, пониженную температуру и повышенную влажность окружающей среды. Кроме отрицательного влияния непосредственно на процесс сварки, некоторые факторы, например температура окружающей среды, оказывают отрицательное воздействие

также на сварщика: снижают его работоспособность, притупляют внимание, что может привести к появлению дефектов в сварных швах. Таким образом, условия изготовления сварных конструкций оказывают прямое влияние на их качество, надежность, долговечность и экономичность, являются составным элементом технологического процесса, который необходимо учитывать при организации и проведении сварочных работ.

Неблагоприятные погодные условия характеризует наличие одного или нескольких неблагоприятных метеорологических факторов, требующих защиты места сварки или применения специальных технологических приемов. Влияние неблагоприятных факторов погоды на процесс сварки сводится к следующему:

- снижение температуры основного металла от плюс 20 до минус 40 °С приводит к небольшому сужению температурных полей (равноценно уменьшению погонной энергии дуги на 10%) и увеличению скорости охлаждения шва и зоны термического влияния (на 15–17%). Площадь сечения шва уменьшается примерно на 5% за счет снижения проплавления основного металла;
- при сварке в условиях пониженной температуры количество пор и неметаллических включений в металле шва увеличивается в 1,5–2 раза;
- отрицательные температуры повышают опасность образования трещин, особенно в кратерных участках;
- главной причиной, вызывающей образование дефектов при сварке в условиях пониженных температур (непровары, подрезы, наплывы, перехваты и др.), является отрицательное физиологическое воздействие низкой температуры на организм человека, необходимость выполнения операций в неудобной теплой одежде, связывающей движения, а также

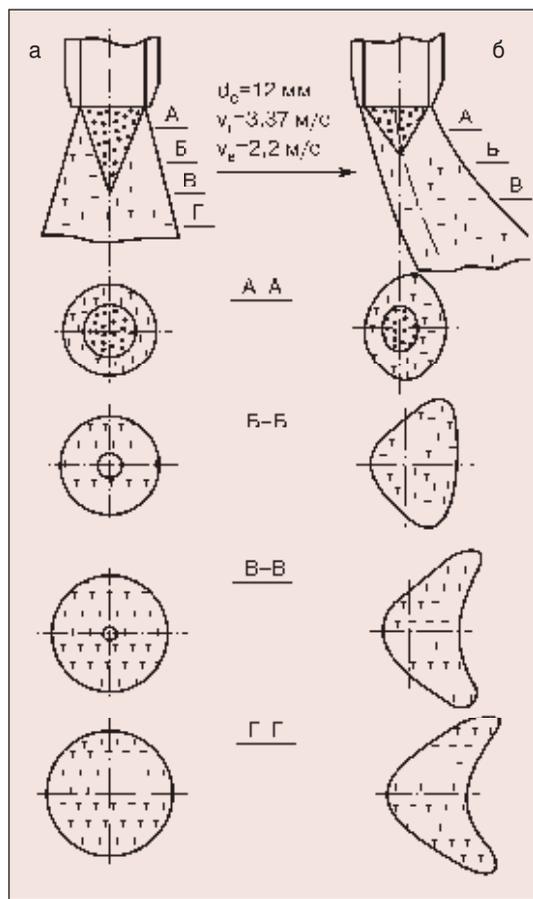


Рисунок. Газовая струя: при безветрии (а); при ветре (б)

ухудшение условий работы сварочной аппаратуры (неравномерные подача электродной проволоки и передвижение автомата, заедание и пробуксовка механизмов);

- при скорости ветра свыше 7 м/с при сварке в защитных газах проплавление становится несимметричным: наветренная сторона шва проплавляется глубже, а на подветренной образуются наплавки. Кроме того, появляются подрезы, поры и трещины;
- под воздействием ветра происходит деформация газовой защитной струи. Обтекаемая наиболее стойкую сердцевину струи, воздушный поток превращает ее из круглой в подковообразную (*рисунки*). Нарушение газовой защиты приводит к образованию пор. При сварке в среде защитных газов пористость может быть следствием поступления воздуха через зазоры в свариваемых соединениях, забрызгивания сопла или чрезмерного удаления его от изделия;
- повышенное содержание водорода в зоне дуги связано с наличием на электродной проволоке и кромках основного металла продуктов коррозии, влаги в виде росы, изморози, льда, непосредственным попаданием на поверхность сварочной ванны осадков в виде дождя, снега, тумана, града. Получить качественный металл шва и зоны термического влияния при наличии в газовой фазе значительного количества водяного пара весьма сложно (образуются поры, трещины, ухудшаются механические свойства).

Для устранения влияния неблагоприятных факторов погоды на процесс сварки при выполнении работ на открытых площадках необходимо:

- специально подготавливать аппаратуру для работы на морозе (использовать специальные смазки, применять подающие механизмы с двумя парами роликов, использовать в качестве охлаждающей жидкости для горелок, формирующих ползунов и других устройств антифриз и др.);
- создавать наиболее благоприятные условия труда для сварщика (защита от ветра и сквозняков, теплая удобная одежда, правильное чередование периодов работы и отдыха);
- при скорости ветра более 2 м/с сварку в защитных газах производить с увеличенной в 1,4–1,5 раза скоростью истече-

ния газа; устанавливать горелку соплом перпендикулярно к изделию; уменьшать зазор между соплом и изделием до минимальной величины; использовать электродную проволоку повышенного качества и защитный газ повышенной чистоты; применять сварочную горелку специальной конструкции, обеспечивающей высокий коэффициент жесткости (устойчивости) струи защитного газа;

- пост для автоматической сварки в защитных газах скомпоновать в виде модуля-контейнера, включающего источник питания, аппаратный шкаф, сварочный автомат, катушку с проволокой, направляющие газовые шланги и газовую аппаратуру, сварочные приспособления, инструмент и принадлежности сварщика, а также приспособления, предусмотренные правилами техники безопасности. В комплект поста должны входить тент, рамки, ширмы, насадки и другие приспособления для защиты зоны сварки от ветра. Катушка с проволокой должна быть максимально приближена к месту сварки.

● #771

На вопрос отвечали кандидаты техн. наук

Г. И. Лашенко, Ю. В. Демченко



Приднепровская железная дорога освоила изготовление рельсов длиной 800 м

Приднепровская железная дорога первой в Украине освоила метод импульсной сварки рельсов длиной 800 м, которые используются для монтажа бесстыковой колеи. По информации пресслужбы ПЖД, в ближайшее время более 21 км такого пути будет уложено на главном направлении Лозовая-Севастополь.

Первая современная рельсосварочная машина K1000 введена в строй на ПЖД еще в 2003 г. Уже тогда использование современной техники мирового образца позволило в несколько раз повысить количество и качество сварки рельсов.

В декабре 2006 г. Верховцевский рельсосварочный поезд пополнился еще одной, более современной машиной K1000. В отличие от своей предшественницы, новая машина впервые в Украине была рассчитана на сварку рельсов в импульсном режиме. Работа аппарата полностью автоматизирована и позволяет все операции выполнять лишь одному оператору. Скорость сварки выросла почти втрое и составляет около 70 с. При этом все тонкости технологического процесса выдерживаются тщательным образом. Потери за счет выгорания не превышают 25 мм рельса.

За месяц работы новой машины, а работать полноценно она начала с 1 февраля, изготовлено более 45 км таких рельсов.

Справка. Эксплуатационная длина Приднепровской магистрали — 3229,3 км, из которых более 1/3 электрифицировано, свыше 80% путей оборудовано автоматическим регулированием движения поездов, 98% станций — электрической централизацией стрелок и сигналов.

www.ugmk.info

Электроды АНО–102 для судостроения и судоремонта

И. К. Походня, академик НАН Украины, И. Р. Явдоцин, канд. техн. наук,
О. И. Фольборт, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)

Из электродов общего назначения в судостроении и судоремонте наибольшее применение нашли низководородные электроды УОНИ–13/55. Разработанные более 60 лет тому назад, эти электроды уступают сегодня по своим характеристикам лучшим зарубежным аналогам.

Из недостатков электродов УОНИ–13/55 в первую очередь следует отметить:

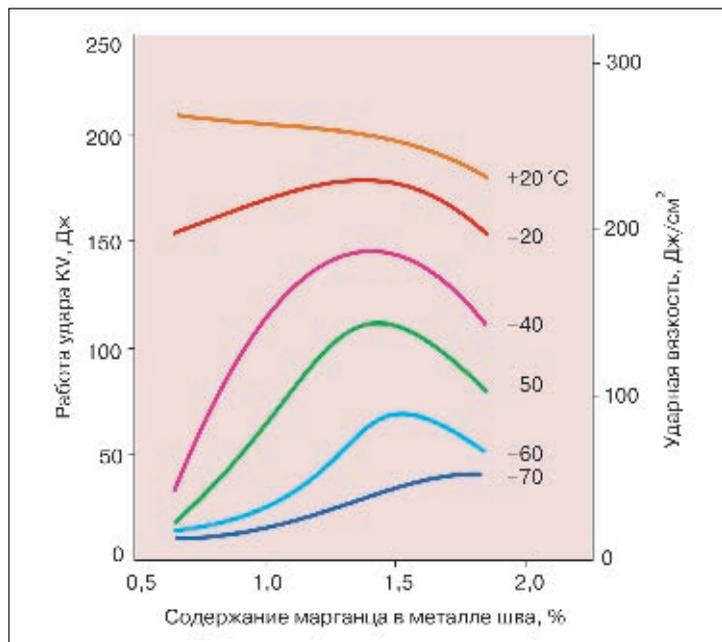
- нестабильные показатели ударной вязкости металла шва при отрицательных температурах (порог хладноломкости металла шва «плавает» от минус 20 до минус 40 °С);
- плохая отделимость шлаковой корки от металла шва, особенно в глубокой разделке;
- отсутствие возможности производить сварку на переменном токе;
- низкая коррозионная стойкость сварных швов, работающих в морской воде.

Нестабильные показатели ударной вязкости, по нашему мнению, обусловлены недостаточно оптимальным выбором системы легирования, в частности, содержанием титана и марганца в металле шва.

Согласно требованиям нормативной документации, электроды УОНИ–13/55 должны обеспечивать содержание марганца в наплавленном металле в пределах 0,8–1,2%. По данным [1], для низководородных электродов общего назначения оптимальное содержание марганца, которое обеспечивает наиболее высокие значения ударной вязкости металла шва при отрицательных температурах, составляет 1,4–1,5% (рис. 1). При таких концентрациях марганца доля игольчатого феррита в структуре металла шва достигает 60–70%, что в значительной мере определяет высокие значения ударной вязкости при низких температурах. При оптимальном уровне содержания марганца доля игольчатого феррита в структуре металла шва практически не меняется при изменении концентрации кремния в широких пределах (от 0,2 до 0,9%) и составляет 65–70% [2]. При более низком содержании марганца доля игольчатого феррита в структуре металла шва снижается и заметно колеблется в зависимости от содержания кремния. Такие колебания содержания игольчатого феррита, по нашему мнению, будут сказываться на стабильности значений ударной вязкости металла шва. Этим можно объяснить нестабильность значений ударной вязкости металла шва, выполненного электродами УОНИ–13/55, поскольку содержание кремния в них может колебаться в широких пределах (от 0,2 до 0,6%).

Немаловажное значение в обеспечении высокой ударной вязкости металла шва играет и содержание в нем титана. По данным различных исследователей [3], оптимальное содержание титана в металле шва зависит от ряда факторов: основности флюса или шлакообразующей системы электродного покрытия, способа сварки, системы легирования и др. По данным работы [4] оптимальное содержание титана в металле шва при сварке электродами с карбонатно-флюоритным покрытием составляло примерно 0,1%, а по данным работы [5] – 0,02% (рис. 2).

Рис. 1. Кривые влияния содержания марганца в металле шва на работу удара при различных температурах [1]



Учитывая изложенное, определили оптимальное содержание титана в металле шва при сварке электродами УОНИ–13/55. Содержание титана в металле шва регулировали за счет изменения в покрытии электродов количества ферротитана, при этом обеспечивали постоянный уровень содержания марганца и кремния, подбирая необходимое количество ферромарганца и ферросилиция, которые вводили в покрытие. Химический состав металла швов, выполненных опытными электродами, приведен в *табл. 1*.

Результаты испытаний ударной вязкости металла швов, выполненных опытными электродами, представлены в *табл. 2*.

Как видно из приведенных данных, наиболее высокие значения ударной вязкости металла шва при отрицательных температурах обеспечиваются при содержании в нем титана на уровне 0,02%, т. е. данные, полученные авторами, совпадают с результатами исследований, изложенных в работе [5]. Такое содержание титана в металле шва обеспечивается при содержании ферротитана в покрытии в количестве 5%. В покрытии электродов УОНИ–13/55 количество ферротитана существенно выше и составляет 12%.

Руководствуясь данными литературы и результатами собственных исследований, при разработке новых электродов АНО–102 с целью обеспечения стабильно высоких значений ударной вязкости металла шва при отрицательных температурах был выбран следующий диапазон концентраций в нем элементов: 1,2–1,4% Mn; 0,25–0,40% Si; 0,015–0,020% Ti. Повышение коррозионной стойкости металла шва в морской воде обеспечили введением в его состав никеля и меди в количествах соответственно 0,6–0,8 и 0,4–0,6%.

Состав газшлакообразующей основы покрытия новых электродов был разработан с учетом возможности обеспечения:

- низкого содержания диффузионно-подвижного водорода;
- сварки не только на постоянном, но и на переменном токе;
- сварочно-технологических свойств электродов на уровне лучших зарубежных аналогов.

Новые низководородные электроды АНО–102 были разработаны с учетом изложенных ниже предпосылок. Они предназначены для использования преимущественно в судоремонте и судостроении взамен

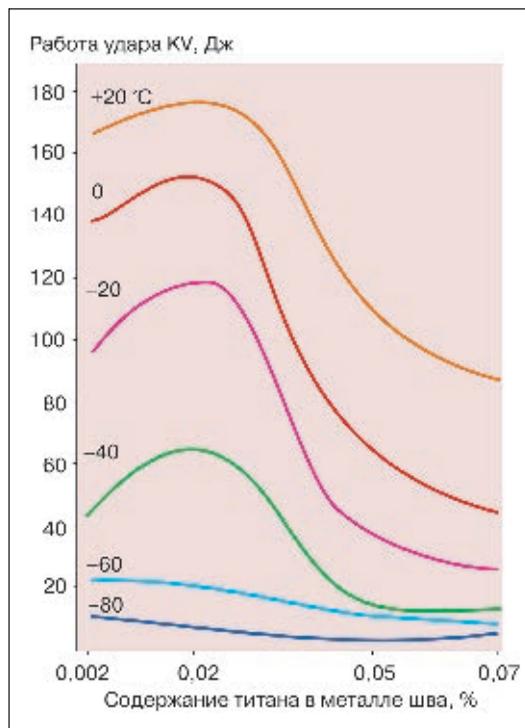


Таблица 1. Химический состав наплавленного металла

Индекс электрода	Содержание ферротитана в покрытии, %	Содержание элементов в наплавленном металле, % мас.					
		C	Mn	Si	Ti	[O]	[N]
T-0	0	0,08	1,3	0,28	Сл.	0,047	0,013
T-5	5	0,10	1,0	0,23	0,02	0,044	0,013
T-10	10	0,10	0,95	0,22	0,03	0,038	0,013
T-15	15	0,09	1,1	0,28	0,043	0,038	0,012
T-20	20	0,10	1,1	0,24	0,05	0,037	0,013

Таблица 2. Ударная вязкость металла швов, выполненных опытными электродами

Индекс электрода	Ударная вязкость KCV, Дж/см ² , при температуре, °C		
	+20	-20	-40
T-0	$\frac{217-227}{221,7}$	$\frac{70-134}{112}$	$\frac{64-75}{68,3}$
T-5	$\frac{223-257}{239}$	$\frac{141-157}{147,6}$	$\frac{70-75}{73,7}$
T-10	$\frac{223-232}{228,3}$	$\frac{102-155}{128,6}$	$\frac{16-61}{31,3}$
T-15	$\frac{186-198}{190}$	$\frac{79-107}{94,3}$	$\frac{25-72}{46,6}$
T-20	$\frac{196-215}{208,6}$	$\frac{57-151}{104,3}$	$\frac{35-87}{64,0}$

Примечание. В числителе приведены минимальные и максимальные значения показателей ударной вязкости, а в знаменателе — среднearифметические.

Таблица 3. Ударная вязкость металла швов, выполненных электродами АНО-102, УОНИ-13/55 и ОК 73.08 диаметром 4,0 мм

Марка электрода	Ударная вязкость KCV, Дж/см ² , при температуре, °С			
	+20	-20	-40	-60
АНО-102	$\frac{186-204}{198}$	$\frac{168-192}{181}$	$\frac{94-98}{96}$	$\frac{72-84}{78}$
УОНИ-13/55	$\frac{181-192}{187}$	$\frac{82-104}{96}$	$\frac{28-74}{52}$	$\frac{12-32}{24}$
ОК 73.08	$\frac{190-224}{212}$	$\frac{170-196}{185}$	$\frac{90-102}{96}$	$\frac{76-88}{81}$

Таблица 4. Показатели расплавления электродов АНО-102, УОНИ-13/55 и ОК 73.08 (постоянный ток, обратная полярность)

Марка электрода	Коэффициент наплавки, г/(А·ч)	Коэффициент разбрызгивания, %	Выход годного металла, %	Выход наплавленного металла, %
АНО-102	9,2–9,6	0,8–1,9	70,1–70,5	107,9–108,3
УОНИ-13/55	8,1–8,6	3,2–4,8	68,4–69,4	91,4–94,5
ОК 73.08	10,0–10,5	0,9–2,1	72,4–72,8	120–135

электродов УОНИ-13/55. Тип электродов по ГОСТ 9467-75 – Э50А. Условное обозначение по EN 499 – E 46 5 1Ni V12 H10.

Электроды предназначены для сварки судостроительных сталей нормальной и повышенной прочности во всех пространственных положениях, исключая сварку вертикальных швов способом «сверху вниз». Сварку можно выполнять на постоянном токе обратной полярности или на переменном токе от источников питания с напряжением холостого хода не ниже 65 В.

Электроды АНО-102 можно рекомендовать и для сварки сталей, обеспечивающих повышенную коррозионную стойкость конструкций, работающих в атмосферных условиях.

Сравнительные испытания электродов АНО-102, УОНИ-13/55 и зарубежного аналога – электродов ОК 73.08 шведской фирмы «ЭСАБ» показали, что по ударной вязкости металла шва электроды АНО-102 превосходят электроды УОНИ-13/55 и не уступают электродам ОК 73.08 (табл. 3).

Испытания сварочно-технологических свойств новых электродов показали, что они обеспечивают хорошее формирование металла шва при сварке в различных пространственных положениях, малое разбрызгивание, легкую отделимость шлаковой корки даже в глубокой разделке. По этим показателям электроды АНО-102 превосходят электроды УОНИ-13/55.

Показатели расплавления электродов АНО-102, УОНИ-13/55 и ОК 73.08, которые определяли при сварке электродами диаметром 4,0 мм, приведены в табл. 4.

Электроды АНО-102 прошли опробование на Ильичевском судоремонтном заводе и получили одобрение сварщиков. Они одобрены Российским Морским Регистром судоходства. Применение взамен электродов УОНИ-13/55 новых электродов АНО-102, обеспечивающих более высокую коррозионную стойкость сварных швов и ударную вязкость металла шва, позволит повысить ресурс работы сварных конструкций.



Список литературы

1. **Evans G.M.** Effect of manganese on the microstructure and properties of all-weld-metal deposits. *Welding Journal*, 59(3), 1980, p. 67–75.
2. **Evans G.M.** The effect of Silicon on the microstructure and properties of C-Mn all-weld-metal deposits. *Metal Construction*, 1986, 18 (7), 438R-444 R.
3. **Abson D.J., Pargeter R.J.** Factors influencing the as-deposited strength, microstructure and toughness of manual metal arc welds suitable C-Mn steel fabrications., IIW Doc. II A-683-86, 1986
4. **Sakaki H.** Effect of alloying elements on notch toughness of basis weld metals. *Journal of the Japan Welding Society*, 29(7), 1960, p. 539–544.
5. **Ramini de Rissone N.M., Rissone H.A., Zuliani J.L., Timerman R.** Effect of titanium on the properties of manual multipass weld, IIW Doc. II A-665-85, 1985.

Разработка технологии и оборудования для нанесения композиционных порошковых покрытий специального назначения

Э. Р. Галимов, Э. Е. Тукбаев, Э. В. Зверев, С. А. Воронцов, А. А. Каримов, Н. Я. Галимова, КГТУ им. А. Н. Туполева (Казань)

Высокую надежность и работоспособность покрытий специального назначения можно обеспечить путем использования различных видов полимерных порошковых композиций (ППК), представляющих собой мелкодисперсные порошковые системы на основе термопластичных и терморезактивных полимеров и различных модифицирующих добавок в виде наполнителей, отвердителей, красителей и др. Для получения порошковых покрытий основным является способ, основанный на распылении ППК в электростатическом поле высокого напряжения.

В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований по разработке и оптимизации технологических процессов нанесения и формирования (пленкообразования) на поверхности изделий из неметаллических и металлических материалов защитно-декоративных и световозвращающих порошковых покрытий.

Для реализации предложенных технологий разработан комплекс нестандартного специализированного оборудования, так как существующие технологии и оборудование не позволяют получать порошковые покрытия с требуемым комплексом свойств, особенно на поверхности неметаллических материалов. Особое место среди этих материалов занимают материалы на основе МДФ, большинство из которых используют в производстве мебели, при отделке интерьеров и т. п.

Известно, что электростатический способ применяют для нанесения полимерных, в том числе защитно-декоративных порошковых покрытий, на металлические поверхности путем зарядки порошковых частиц в воздушной смеси на выходе из насадки распылительного устройства, распыления факела заряженных частиц и равномерного их осаждения на поверхность заземленного изделия.

Для нанесения же порошковых покрытий на неметаллические, в том числе на МДФ материалы, необходимо создать на их поверхности токопроводящий слой для осаждения заряженных частиц. При этом этот слой должен обладать достаточно высокой

адгезией к подложке и определенными электрическими характеристиками.

Экспериментальные исследования по подбору состава токопроводящего слоя с необходимыми физико-химическими свойствами позволили разработать жидкую композицию темно-серого цвета с омическим сопротивлением между двумя точками на расстоянии 1 м, равным 50–60 кОм, и высокой адгезией к поверхности МДФ материала. Токопроводящие свойства состава сохраняются в течение 15 сут. даже при повышенных температурах (до 250 °С). Токопроводящий состав наносили на поверхность МДФ с помощью обычного пневмораспылителя, затем сушили в течение 2–3 ч при комнатной температуре или 10–15 мин при температуре 180 °С. После формирования токопроводящего слоя на него наносили порошковое покрытие, используя электростатическое поле высокого напряжения.

В качестве ППК использовали выпускаемые отечественной и зарубежной промышленностью эпоксидные и эпоксидно-полиэфирные композиции типа «шагрень», «антик», «муар» и «мелкий муар» с различной цветовой гаммой (свыше 150 оттенков).

Разработанный комплекс оборудования для нанесения порошковых покрытий на МДФ изделия состоит из камер нанесения токопроводящего слоя и ППК, системы рекуперации, блока подготовки воздуха и сушильной установки. При проектировании и разработке оборудования были установлены специфические требования к отдельным узлам, особенно к конструкции сушильной установки: необходимость точного поддержания температуры в любой точке поверхности МДФ изделия в процессе формирования порошкового покрытия. В установке использовали терморadiационно-конвекционный способ нагрева, причем для каждого типа ППК определяли оптимальные температурно-временные режимы проведения процессов пленкообразования, скорости нарастания температуры нагрева путем изменения подведенной мощности.

Система управления установкой автоматически обеспечивает выполнение запрограммированного нагрева для каждого типа ППК. Непосредственно в рабочей зоне сушильной установки температура поддерживается с точностью $\pm 1^\circ$ относительно теоретически рассчитанной кривой. Двухконтурная система управления тепловыми процессами обеспечивает ускоренный нагрев, оплавление и отверждение ППК без значительных тепловых воздействий на МДФ изделие.

На *рис. 1* в качестве примера представлены фотографии МДФ изделий с порошковыми покрытиями различной цветовой гаммы.

Другим направлением экспериментальных исследований являлась разработка и оптимизация технологического процесса нанесения световозвращающих покрытий на информационные дорожные знаки, предназначенные для обеспечения безопасности движения любого вида транспорта.

В настоящее время существует острая проблема увеличения срока службы световозвращающих покрытий информационных знаков, так как существующие технологии, основанные на нанесении липких пленок и жидких лакокрасочных материалов, не удовлетворяют современным требовани-

ям по долговечности вследствие низкой коррозионной стойкости в процессе эксплуатации в сложных условиях (резкие перепады температур, атмосферные воздействия, механические повреждения и т. п.).

Для получения световозвращающих покрытий были использованы ППК, содержащие в своем составе стеклянные микросферы определенной дисперсности. По результатам экспериментально-теоретических исследований определены оптимальные составы ППК на основе полиэфирной смолы и стеклянных микросфер, размеры микросфер, оптимальная глубина их погружения в порошковое покрытие с учетом необходимости получения заданных световозвращающих свойств, оптимизированы технологические параметры процессов нанесения ППК и формирования покрытий.

На *рис. 2* в качестве примера представлены фотографии информационных знаков с порошковыми покрытиями.

Для реализации технологического процесса с учетом проведенных экспериментальных исследований авторами спроектирована и изготовлена механизированная линия (*рис. 3*) для получения световозвращающих покрытий на информационных знаках.

Основными узлами в данной линии являются камера напыления с транспортным механизмом (*рис. 4*) и сушильная установка (*рис. 5*).

Камера напыления 21 (см. *рис. 3*) проходного типа с нижним отсосом через воздуховод связана с блоком фильтров 19 системы рекуперации, причем выходной канал фильтра соединен с высоконапорным вентилятором во взрывозащищенном исполнении. На передней стенке камеры 21 около рабочего проема смонтирован блок 22 подготовки воздуха, вход блока соединен с автономным компрессорным устройством, а выходной штуцер через гибкий шланг — с распылительным устройством. Через камеру на полу проходят транспортные рельсы 23, по которым перемещается из исходной зоны до ограничивающего концевика и обратно транспортная тележка 17. Для движения транспортной тележки включают реверсивный привод продольной подачи с пульта управления электрошкафа, расположенного в рабочей зоне около проема. Транспортная тележка оснащена поворотным устройством 16 с фиксатором, на которое монтируют кассету с изделиями. В зоне непосредственного формирования покры-

Рис. 1. МДФ изделия с порошковыми покрытиями

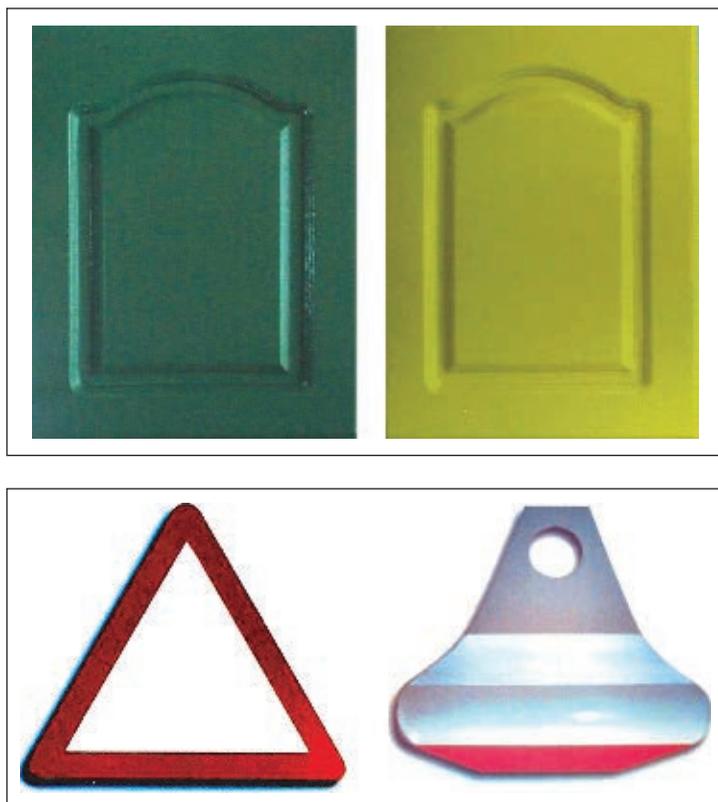


Рис. 2. Информационные знаки с порошковыми покрытиями

тия комплекс оборудования состоит из сушильной установки с терморрадиационно-конвекционным нагревом, транспортной тележки с реверсивным приводом продольной подачи, транспортных путей и шкафа с электрооборудованием. Контрольно-регулирующая аппаратура для обеспечения заданной температуры и пульт управления находятся на лицевой панели шкафа электроавтоматики.

Сушильная установка (см. рис. 5) выполнена из модульных конструкций и оснащена вентиляционной системой отсоса летучих компонентов, образующихся в процессе формирования покрытия. Конвекционный нагрев для выравнивания температурного поля в рабочем объеме осуществляют два вентилятора 1 обдува специальной конструкции, которые отсасывают воздух из нижней зоны и разгоняют по каналам вдоль боковых стенок, в которых расположены ТЭНы 2.

Процесс напыления полимерных порошковых композиций на поверхность заземленных изделий осуществляется в камере распылительным устройством с встроенным источником высокого напряжения. Каретку с изделием оператор перемещает при помощи ножной педали. После нанесения порошкового покрытия на нерабочие поверхности изделие разворачивают с помощью поворотного устройства лицевой поверхностью, на которую нанесят световозвращающее покрытие необходимой цветовой гаммы. Затем с исходной позиции кассеты с изделиями снимают тельферным устройством и загружают на транспортный механизм, позволяющий перемещать изделие в сушильную установку. После накопления требуемого количества изделий транспортный механизм подают в сушильную установку для формирования покрытия. Система автоматики позволяет выйти на необходимый режим пленкообразования, поддерживать установленную температуру и время формирования по заранее заданной циклограмме. Кроме стационарных датчиков температуры, сушильная установка дополнительно оснащена оптическим пирометром, сфокусированным на поверхности изделий для более точной оценки температурного режима пленкообразования.

Разработанный комплекс оборудования выполнен в виде унифицированной модульной конструкции, что позволяет сократить сроки и затраты на проектирование и изгото-

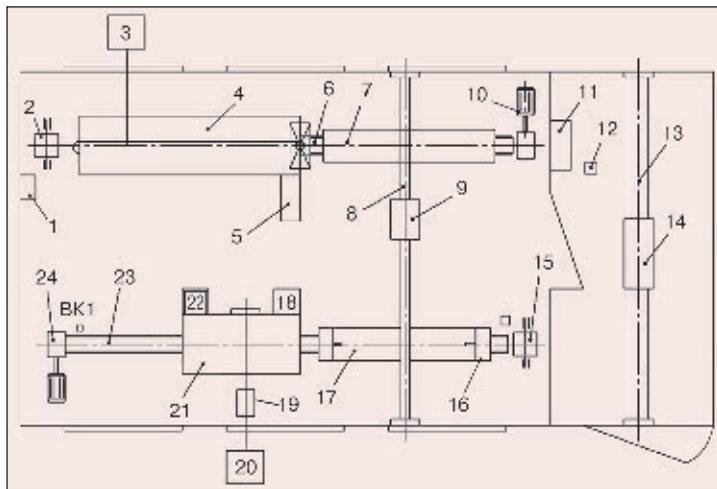


Рис. 3. Линия для нанесения световозвращающих покрытий в электростатическом поле: 1 — силовой щит; 2 — натяжное устройство; 3 — вентилятор; 4 — сушильная установка; 5 — шкаф управления; 6 — транспортный путь; 7 — транспортная тележка; 8 — балка; 9 — тельфер; 10 — привод; 11 — компрессор; 12 — пескоструйный агрегат; 13 — кран балка; 14 — тельфер; 15 — натяжной барабан; 16 — поворотное устройство; 17 — транспортная тележка; 18 — пульт; 19 — фильтр системы рекуперации; 20 — вентилятор; 21 — камера напыления; 22 — блок подготовки воздуха с распылителем; 23 — транспортные пути; 24 — привод

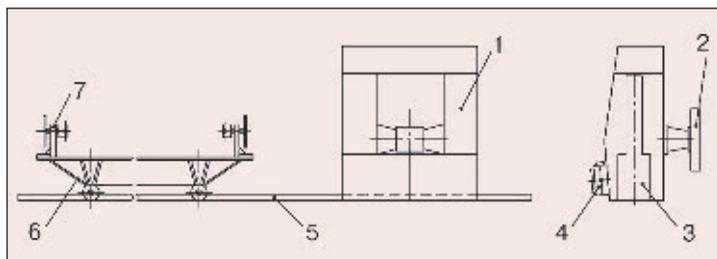


Рис. 4. Камера напыления с транспортным механизмом: 1 — камера напыления; 2 — блок фильтров системы рекуперации; 3 — рабочий проем; 4 — блок подготовки воздуха, соединенный с распылительным устройством; 5 — транспортные рельсы; 6 — транспортная тележка; 7 — поворотное устройство

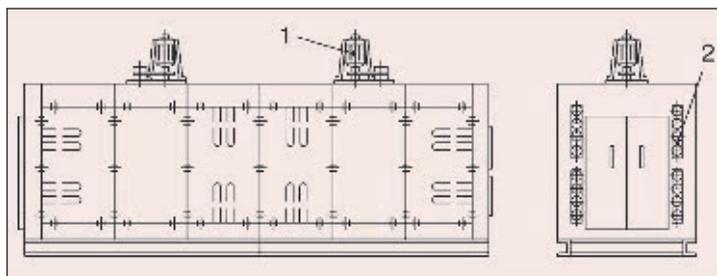


Рис. 5. Сушильная установка: 1 — вентилятор обдува; 2 — ТЭНы

товление. Кроме того, система управления выполнена таким образом, что при изменении размеров и массы деталей установку можно трансформировать по мощности простым переключением системы регулирования и контроля температуры на соответствующую потребляемую мощность, определяемую путем расчетов теплового баланса установки и построения алгоритма управления тепловыми процессами.

● #773

Совершенствование технологии контактной сварки труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом

А. Б. Кашкаров, В. В. Ветер, А. А. Бабанов, Липецкий государственный технический университет

С расширением области применения труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) при строительстве трубопроводов различного назначения весьма актуально внедрение новых способов их соединения, так как существующее раструбное соединение и стандартная резиновая манжета разработаны преимущественно для трубопроводов холодного водоснабжения.

Одним из наиболее перспективных способов соединения труб из высокопрочного чугуна является сварка. В настоящее время для сварки чугуна разработано много сварочных материалов и технологий, позволяющих осуществлять сварку как с подогревом до 450–500°C (электроды и порошковая проволока на основе чугуна), так практически без подогрева (электроды и проволока на никелевой, медноникелевой и железоникелевой основе).

Наряду с этими технологиями, на взгляд авторов, весьма перспективным направлением является контактная сварка труб из высокопрочного чугуна. Данный способ позволяет обходиться без использования дорогостоящих присадочных материалов, получать однородное сварное соединение, осуществлять предварительный подогрев и последующую термообработку стыка проходящим током в губках машины, автоматизировать процесс сварки и увеличить его производительность.

Оптимальные параметры режима контактной сварки труб Ду200 из высокопрочного чугуна:

Первичное напряжение сварочных трансформаторов:

на первой ступени оплавления $U_1, В$	400
на второй ступени оплавления $U_2, В$	320
Начальная скорость оплавления $V_n, мм/с$	0,4
Конечная скорость оплавления $V_k, мм/с$	2,0

Длина оплавления:

на первой ступени оплавления $L_1, мм$	7,5
на второй ступени оплавления $L_2, мм$	10
при форсировании скорости $L_f, мм$	18
Величина осадки $\delta, мм$	7
Продолжительность осадки под током $T_{ос}, с$	1,0
Давление в гидросистеме машины $P, МПа$	5,0

В качестве базы для начала работ была взята машина К–584М. На первом этапе была проведена модернизация этой машины, изначально предназначенной для стыковой сварки оплавлением стальных труб диаметром до 300 мм, применительно к сварке труб из высокопрочного чугуна. Для повышения мощности (600 кВт) при термообработке сварного соединения в губках машины проходящим током были заменены электромагнитные пускатели на бесконтактные тиристорные коммутаторы. Для управления режимами сварки и задания параметров импульсов тока при термообработке сварного соединения, а также для контроля технологических параметров сварки электромеханический управляющий аппарат КЭП–12У был заменен на современную компьютеризированную систему управления технологическими процессами. Исходя из результатов предварительных экспериментов, были расширены возможности варьирования скоростями оплавления с 1,4 до 2 мм/с.

Для проведения экспериментов по отработке технологии контактной сварки были использованы трубы Ду200 из высокопрочного чугуна.

В соответствии с техническими условиями завода-производителя ОАО ЛМЗ «Свободный Сокол» (ТУ 1461–036–50254094–2001 «Трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для горячего водоснабжения и тепловых сетей») металл труб должен иметь следующие механические характеристики: временное сопротивление разрыву $\sigma_B=420$ МПа; предел текучести $\sigma_{0,2}=300$ МПа; относительное удлинение $\delta=10\%$; твердость не более 230 НВ.

Дополнительно были проведены химический анализ металла поставленных труб и испытания для определения угла загиба.

Металл труб имел следующий химический состав, %: С=3,5...3,9; Si=1,7...2,3; S≤0,01; P≤0,01; Mn=0,4...0,6; Mg=0,025...0,04; Ni≤0,01; Cr≤0,01. Угол загиба составил 45–60°. С учетом того, что толщина стенки центро-

Таблица. Механические свойства сварного соединения труб из ВЧШГ

Материал	Временное сопротивление разрыву, МПа	Угол загиба, град.
Основной металл	440–470	45–60
Сварное соединение без термообработки	430–500	4–6
Сварное соединение после термообработки	410–460	20–35

бежнолитых труб нестабильна и колеблется в пределах 1–2 мм, концы труб для сварки протачивали. Наружный диаметр труб, подготовленных для экспериментов, составлял $222 \pm 0,5$ мм, а толщина стенки – $6,5 \pm 0,5$ мм.

В процессе экспериментов изменяли следующие технологические параметры: начальную скорость оплавления V_n с 0,24 до 0,4 мм/с; конечную скорость оплавления V_k с 1 до 2 мм/с; величину осадки δ с 3 до 7 мм; продолжительность осадки под током T_{oc} с 0,7 до 1 с. В результате проведенной работы были выбраны оптимальные режимы контактной сварки, позволяющие получить равнопрочное соединение.

Для улучшения пластических свойств сварного соединения после сварки проводили термообработку в губках машины импульсами тока короткого замыкания по заданной программе. При подборе режима термообработки варьировали продолжительность, частоту и величину импульсов тока. Длительность импульсов тока изменяли по гиперболической зависимости с различными коэффициентами. Это позволило наиболее эффективно влиять на скорость остывания сварного соединения и в итоге на его конечные свойства.

Испытания на растяжение и изгиб осуществляли на плоских (шлифованных) образцах толщиной 4 мм, шириной 25 мм (при растяжении) и 10 мм (при испытании на изгиб) согласно ГОСТ 6996–66.

Результаты механических испытаний сварного соединения в исходном состоянии и после термообработки в губках машины (таблица) показали, что выбранные режимы сварки труб позволяют получить сварное соединение с прочностью на уровне основного металла. При этом угол загиба в исходном состоянии очень небольшой (4–6°), так как зона сплавления и часть зоны термического влияния (3–3,5 мм) образца без термической обработки имеют перлитную структуру (феррит составляет не более 5%), которая, обладая высокой прочностью, практически не имеет пластичности.

Предлагаемая термическая обработка расширяет зону термического влияния, позволяет сократить перлитную зону до

1–1,3 мм и отодвинуть ее на 3–5 мм от линии сплавления. Угол загиба при этом увеличивается до 20–35°. Получить полностью ферритную структуру в зоне сварки пока не удалось, что связано с интенсивным отводом теплоты в губки машины.

Разработанная технология контактной сварки труб из ВЧШГ может быть использована для сварки плетей труб как в заводских условиях, так и в условиях полевых баз, а при использовании автономных источников питания – в полевых условиях для монтажа трубопроводов различного назначения. Кроме этого, данную технологию можно применять при изготовлении фланцевых труб для химической промышленности. Методом центробежного литья можно отлить патрубки только с одним фланцем, поэтому возникает необходимость в сварке однофланцевых патрубков длиной 1–2 м между собой для получения фланцевой трубы. Технология контактной сварки в этом случае выгодно отличается от дуговой сварки никелевыми материалами, так как позволяет получить практически однородное соединение, что особенно важно при работе в коррозионно-агрессивных средах. ● #774



Криворожские ГОКи работают над внедрением технологии прямого восстановления железа

Компании «Кобе Стил» (Япония), «Харес Инжиниринг» (Австрия) и «Смарт-групп» (Днепропетровск) заключили соглашение о сооружении на Ингулецком ГОКе завода по прямому восстановлению железа из рудного сырья по технологии ITmk3.

Сейчас с Группой «Метинвест» (СКМ) обсуждаются еще два проекта создания таких заводов на Северном и Центральном ГОКах. Проведены лабораторные исследования сырья для определения параметров технологического процесса, предусмотрено выполнить предварительную техническую оценку этих проектов. Кроме того, есть также договоренность о сотрудничестве с Полтавским ГОКом, ведутся переговоры о возможности применения новой технологии на Криворожском ГОКе окисленных руд (КГОКОР).

Технология ITmk3, созданная «Кобе Стил», которую в Украине представляет «Харес Инжиниринг», позволяет получать из железной руды готовый продукт в форме слитков, содержащих 96–98% железа, 2–4% углерода. Новая технология дает возможность значительно сократить использование в металлургии природного газа.

Стоимость завода мощностью 500 тыс. т слитков в год — \$150 млн. Себестоимость продукта в условиях Украины, по предварительным оценкам, составит \$140–160 за тонну, а ожидаемая цена продажи — около \$300 за тонну, поскольку конечный продукт является чистым чугуном, стоимость которого в настоящее время \$330–350 за тонну.

www.ugmk.info

Очистка поверхности сварных соединений

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона» (Киев)

После сварки поверхность сварного шва в зависимости от метода сварки и свариваемого материала может быть покрыта шлаковыми отложениями, окалиной, нагаром, а поверхность прилегающих зон — застывшими брызгами металла, сажистым налетом и цветами побежалости. Правильная очистка поверхности сварного соединения улучшает внешний вид изделия, повышает его конкурентоспособность, а также позволяет избежать проблем, связанных с коррозией в зоне шва, скоплением бактерий и других загрязнений. Кроме того, часто сварное изделие по требованиям конструкторской документации должно иметь гладкую и чистую поверхность.

Операции по очистке можно условно разделить на три группы: очистка зоны сварного шва от шлаков, окалины и других загрязнений; удаление цветов побежалости и усиления сварного шва; подготовка к контролю качества и окончательной обработке (покраске, хромированию, полировке, сатинированию и др.).

Шлаковые отложения обычно легко удаляют методами ручной механической очистки, а окалину — с помощью абразивно-струйной или дробеструйной очистки. Получение же высокочистой или блестящей поверхности сварных соединений требует применения не только механических, а и химических методов очистки.

Усиление сварного шва удаляют ручной или станочной механической обработкой. После этого следует операция очистки поверхности в зоне удаленного усиления механическими методами.

Поверхность для контактных методов контроля качества должна иметь после очистки шероховатость около $Rz=40$ мкм по ГОСТ 2789–73. Ширина зоны очистки с каждой стороны усиления шва должна быть не менее $(2,5\delta+40)$ мм, где δ — толщина стенки. Для нанесения покрытий поверхность должна иметь шероховатость в диапазоне $Rz=20..90$ мкм в зависимости от вида покрытия. Требуемой шероховатости достигают с помощью струйных методов очистки поверхности либо ручной механической очисткой.

Ниже описаны современные технологии, материалы и оборудование, используемые при очистке поверхности сварных со-

единений наиболее распространенных конструкционных металлических материалов.

Для снижения трудовых затрат при струйной очистке поверхностей сварных соединений на стали следует предварительно покрывать очищаемую поверхность фосфатирующим составом «НОТЕХ», приготовленным из концентрата химического преобразователя ржавчины «НОТЕХ–К» (Российская Федерация), разбавленным холодной водой в соотношении 1:2 по массе, исходя из плотности концентрата $1,21$ г/см³. Преобразованную окалину затем легко удаляют с поверхности металла. Фосфатирующий состав «НОТЕХ» может быть использован при температурах от минус 5 до плюс 30 °С и его не нужно смывать водой с применением моющих составов или растворителей.

Поверхность сварного шва и прилегающие зоны перед нанесением состава «НОТЕХ» необходимо протереть влажной тряпкой с целью удаления пыли, грязи и для обезжиривания. Состав наносят на очищенную поверхность любым возможным способом: пульверизатором, распылителем, кистью из щетины, квачом, окунанием в ванну. Для вертикальных сварных швов обработку составом всегда производят снизу вверх. После нанесения состава выполняют естественную или принудительную сушку. При этом поверхность обычно приобретает матовый серый оттенок (возможно появление белого налета, исходный цвет ржавчины может быть сохранен). Время естественной сушки при температуре плюс 20 °С и относительной влажности до 80% составляет не более 1,5–2 ч. Расход состава «НОТЕХ» составляет 50–90 г/м² или 40–50 г на метр сварного шва (при ширине зоны сварного шва и прилегающих участков 200 мм). При толщине слоев ржавчины или окалины более 100–110 мкм необходимо увеличивать концентрацию рабочего раствора.

Химическая очистка поверхности составом «НОТЕХ» не изменяет прочности сварного шва на сталях. Усилие разрыва фосфатированных и нефосфатированных сварных образцов при испытании на растяжение практически одинаково.

При проведении работ составом «НОТЕХ» в закрытом помещении необходимо применение естественной или принудительной вентиляции, обеспечивающей концентрацию химических веществ не выше 1 г/м^3 (по ортофосфорной кислоте). Неиспользованные остатки состава «НОТЕХ» и выработанный рабочий раствор в ваннах для окунания подлежат обезвреживанию 10%-м содовым раствором до нейтральной реакции.

Чаще всего механическую очистку поверхности сварных швов выполняют шлифовальными кругами. Однако более эффективно применение *очистных щеток*. Очистка сварных швов шлифовальным кругом приводит к сокрытию дефектов сварки. При работе очистными щетками экономят до 30% электродов, электроэнергии и рабочего времени, которые ранее тратились на удаление металла и ремонт шва. Щетка, не затрагивая основной металл, вычищает шлак, загрязнения, ржавчину, вскрывая подрезы, раковины и другие дефекты сварки. Вскрытые щеткой недопустимые дефекты удаляют шлифовальными кругами. При этом повышается эффективность визуального контроля, что предотвращает повторный ремонт шва после дефектоскопии.

Для гарантированного достижения оптимального очистного эффекта необходимо, чтобы щетка вращалась с линейной скоростью около 80 м/с. Для щетки диаметром 125 мм скорость вращения должна быть 10 000–12 500 об/мин, а для щетки диаметром 180 мм — 7500–9000 об/мин. По сравнению с абразивным инструментом щетка работает на меньших скоростях.

Одни из наиболее подходящих угловых шлифовальных машинок производит фирма «C.&E.FEIN GmbH» (ФРГ): WSS 12–125:10000/125/1,20/22,2 (масса 1,9 кг); WSS 20–180:8500/180/2,00/22,2 (масса 4,9 кг); WSS 25–180:8500/180/2,00/22,2 (масса 5,4 кг). Все они имеют быстрозажимную систему «Quickin», которая позволяет производить быструю смену щеток без использования ключей, что особенно важно при работе в тяжелых климатических условиях. Небольшая масса шлифовальных машинок моделей WSB делает их пригодными для очистки корневых швов. Эти модели имеют оригинальную конструкцию электрической системы тормоза EBS, которая останавливает щетку, работающую с линейной скоростью 80 м/с, за 3 с.

Для очистки швов, полученных сваркой электродами с различным типом покрытия,

следует использовать щетки с соответствующим количеством жгутов: для электродов с целлюлозным покрытием — 48, для электродов с рутиловым покрытием — 60, а для электродов с основным покрытием — 76. Очистка щетками, в отличие от очистки абразивными кругами, повышает коррозионную стойкость очищаемой поверхности.

Для шлифования сварных и паяных швов фирма «Saint-Gobain Abrasives Inc.» (США) производит *специальные фибровые диски AVOS®* для ручных углошлифовальных машин, которые позволяют видеть поверхность очищаемого материала во время шлифования. Комбинация диска треугольной формы с несколькими отверстиями и оригинальной шлифовальной головкой обеспечивает визуальный контроль за очищаемой поверхностью, что невозможно при использовании обычных дисков. С помощью системы AVOS® операторы могут выполнять работу более качественно, в лучших условиях и быстрее, чем обычными фибровыми дисками, сохраняя наружный край диска от преждевременного изнашивания. Система AVOS® позволяет пользователю держать углошлифовальную машинку под углом 5–15° вместо обычных 30°. В результате большая поверхность диска находится в контакте с очищаемым материалом. Срок службы дисков AVOS® почти в два раза больше, чем обычных фибровых дисков.

Отверстия диска в форме лопастей создают воздушный поток, который выталкивает выпавшее абразивное зерно и его осколки, частицы очищаемого материала к краю диска. Это уменьшает засорение абразивного зерна, увеличивает срок службы диска и уменьшает нагрев рабочей поверхности на 25%.

Диск F944 имеет керамические абразивные зерна нового поколения Norton SG, что обеспечивает высокий уровень обдирки и снятия облоя при шлифовании суперсплавов и закаленной стали. В диске F827 применены абразивные зерна на основе циркониевого корунда. Такой диск используют для снятия большого количества металла. Он идеально подходит для черновых шлифовальных операций на любых типах стали, в том числе и нержавеющей. Диск F293 содержит высококачественные абразивные зерна на основе оксида алюминия и предназначен для широкого диапазона материалов и для различных видов шлифования, начиная от грубого и заканчивая финишным. Диски DSB1 из материала Bear-Tex (оксид алюминия, усиленный нетканой нейлоно-

вой сеткой) предназначены для легкого шлифования, снятия облоя, очистных и отделочных операций, а также для полировки или подготовки поверхности для покраски.

Абразивные нетканые материалы FIBRAT и NILTEX фирмы «AWF» (Италия) предназначены для очистки сварных швов, шлифования металла, удаления ржавчины, заусенцев, чистовой обработки деталей, удаления окисной пленки и цветов побежалости после сварки. Их можно использовать для сухой очистки и для очистки со смазочными материалами без опасности повредить очищаемые поверхности. Материалы эластичны, прочны, не засоряются в процессе работ. FIBRAT имеет однородную структуру, не нагревает очищаемое изделие, химически стоек. Выпускают его в виде рулонов, дисков и бесконечных лент с зернистостью P80, P120 и P320. Материал NILTEX, обладающий трехмерной структурой, создан из волокон нейлона и абразивных зерен карбида кремния, соединенных посредством специального полимерного соединения. NILTEX имеет открытую структуру и его можно использовать до полного расходования круга или диска.

В тех случаях, когда доступ к сварному шву ограничен (например, внутренний угловой шов или шов типа «труба – трубная доска»), для его очистки используют шлифовальные круги 3M™ XL–UW (компания «3M», США) из прессованного материала Scotch–Brite™. Для локальной очистки поверхности сварных швов используют шлифовальные круги с креплением 3M™ Roloc™. Благодаря небольшому (до 75 мм) диаметру эти круги позволяют очищать сварной шов, не затрагивая прилегающую к нему поверхность.

Цвета побежалости и цвета каления на поверхности металла представляют собой цветные полосы окисных пленок, образующихся в результате термического воздействия. Тот или иной цвет побежалости (каления) служит индикатором температуры нагрева поверхности металла в этой зоне. Их удаляют как механическими, так и химическими методами очистки.

Эффективно удалять цвета побежалости можно *гибкими шлифовальными кругами 3M™ Green Corps™*. Гибкость конструкции этих шлифовальных кругов позволяет существенно снизить вибрацию и уровень шума. В качестве абразива в них используют минерал 3M™ Cubitron™. В ходе тщательно контролируемого процесса спекания абразивного порошка создают мелкокристаллическую структуру со специальными изломами, которые обеспечивают при эксплуатации кругов их самозаточку. Шлифовальные круги 3M™ Green Corps™ (табл. 1) предназначены для очистки поверхностей нержавеющей и конструкционных сталей, титановых, хромовых и никелевых сплавов. С их помощью можно также удалять и усиление сварного шва.

Когда не требуется удаление усиления сварного шва, но необходимо придать ему красивый внешний вид и/или привести его в соответствие с предъявляемыми требованиями, рекомендуют использовать круги Scotch–Brite™ Clean&Strip или листы Scotch–Brite™. Благодаря своей объемной структуре эти материалы удаляют цвета побежалости, заглаживают рытвины и раковины без повреждения усиления сварного шва.

В некоторых случаях (например, на несущих конструкциях, подвергающихся большому давлению) удаление усиления сварного шва нежелательно, поскольку это может привести к ослаблению и разрушению конструкции. В этом случае рекомендуют удалить цвета побежалости и загладить рытвины и раковины на сварном шве для того, чтобы улучшить внешний вид, убрать места возможного скопления бактерий и загрязнений и шлифованием снять тонкий поверхностный слой металла с выгоревшими при сварке легирующими элементами, на котором может появиться точечная коррозия.

Для осветления зоны сварного шва, удаления цветов побежалости и легкого шлифования используют зачистные круги Scotch–Brite™ Clean&Strip фиолетового или голубого цвета с прямой шлифовальной машиной. Эти круги с открытой структурой имеют прочную режущую кромку, их отличает высокая износостойкость. Круги голубого цвета более гибкие и эластичные, чем круги фиолетового цвета. Они позволяют произвести эффективную очистку даже в раковинах и кавернах.

Альтернативой применению кислоты при удалении цветов побежалости с изделий из нержавеющей стали, в особенности в труднодоступных местах (например, угло-

Таблица 1. Техническая характеристика шлифовальных кругов 3M™ Green Corps™

Диаметр круга, толщина, диаметр посадочного отверстия, мм	Зернистость	Максимальная скорость вращения, об/мин
115×3×22	P36, P80	13300
125×3×22		12200
178×3,7×22		8500

вой шов в мойке или разнообразные швы при стыковке трубы с емкостью, а также швы при сварке труб под прямым углом), является использование объемного нетканого абразива Scotch-Brite™ в листах. Широкий диапазон зернистости позволяет удалять цвета побежалости как с полированных изделий, так и с матовой поверхности.

Одним из видов эластичного абразивного инструмента, применяемого для очистки сварных швов, являются *лепестковые круги*. Такой круг представляет собой набор лепестков из шлифовальной шкурки, радиально закрепленных на ступице — на кругах прямого профиля либо по торцу ступицы — на кругах торцовых и конических. Один из многих производителей предприятие «Стэнлипол-абразив» (Республика Беларусь) выпускает следующие типы кругов: КЛ — круг лепестковый прямого профиля с посадочным отверстием, КЛО — круг лепестковый прямого профиля с оправкой, КЛТ — круг лепестковый торцовый, КЛК — круг лепестковый конический.

Круги КЛО используют в основном в инструментальном производстве для полирования пресс-форм, штампов и т. д.; КЛ — для очистки поверхностей от окалины, ржавчины, для дефектоскопии, полирования как плоскостей, так и криволинейных поверхностей и труб, а также для шлифования деревянных заготовок в мебельной промышленности; КЛТ — для удаления цветов побежалости после сварки, полирования, подготовки поверхностей для лакокрасочных и гальванических покрытий; КЛК — для очистки сварных швов.

Предприятие производит круги КЛО диаметром от 30 до 80 мм и высотой от 12 до 30 мм, КЛ — диаметром от 120 до 400 мм и высотой от 30 до 100 мм, КЛТ — диаметром 125 и 180 мм, КЛК — диаметром 115, 125 и 180 мм, а также специальные и нестандартные круги. Все круги изготавливают из высококачественной шлифовальной шкурки западноевропейского производства.

Фирма «Adolf Wurth GmbH & Co. KG» (ФРГ) производит *нейлоновые шлифовальные круги* со сменным или интегрированным зажимным стержнем. В качестве абразива в них используют карбид кремния. Применяют такие круги для очистки сварных швов, металлических (сталь, цветные металлы) поверхностей, древесины и пластика, для удаления цветов побежалости, окалины, ржавчины, загрязнений и окислений, лаков, старого слоя краски, синтетиче-

ских смол, клеев, остатков герметика, остатков цемента и бетона, легких заусенцев. Достоинства нейлоновых шлифовальных кругов: рабочая поверхность кругов не засоряется; обеспечивается равномерное шлифование; не нагреваются при работе; не способствуют появлению коррозии на металлических поверхностях; обеспечивают минимальный риск повреждения поверхности или излишнего снятия материала.

Химическая и электрохимическая пассивация. Основным свойством нержавеющей стали является ее коррозионная стойкость. После сварки и других родственных процессов в зоне термического влияния, а также после механической резки, гибки и т. п. нержавеющая сталь не является коррозионностойкой. Пассивацию (восстановление коррозионной стойкости) поверхности в этой зоне нержавеющей стали, а также и других металлов можно выполнить химически или электрохимически. Перед этим необходимо удалить загрязнения и протравить поверхность. Очисткой должны быть удалены грязь, пыль, органические включения и углерод, который способствует потере коррозионной стойкости, если останется на поверхности стали. Очистка может быть выполнена мойкой в щелочных растворах, органических растворителях, разбавленных кислотах, струей пара или горячей воды, с помощью ультразвука.

После сварки нержавеющей стали на поверхности в зоне термического влияния содержание хрома падает ниже 12%. Поверхностный слой с низким содержанием хрома теряет коррозионную стойкость и, следовательно, должен быть удален. Полное удаление этого слоя можно осуществить только травлением, которое обеспечит затем и однородную пассивацию. Травление может быть выполнено иммерсией в химических ваннах, нанесением травильных гелей или паст, электролитической очисткой.

В процессе пассивации на поверхности стали формируется защитная оксидная пленка, которая и делает сталь коррозионностойкой. На нержавеющей стали может образоваться защитная пленка и при контакте с атмосферным кислородом. Однако она не всегда обеспечивает полную защиту поверхности стали. Кроме того, пассивация в воздухе происходит медленно и неравномерно, так как атмосферные условия непостоянны.

При химической или электрохимической пассивации поверхность стали полностью и однородно покрывается пленкой

определенной толщины. Глубина пассивации (толщина защитной пленки) пропорциональна агрессивности используемых химических веществ: она больше в случае химической пассивации, при которой применяют азотную кислоту, тогда как при электрохимической пассивации используют фосфорную кислоту. Но однородность пассивации при электрохимической обработке намного выше, чем при химической обработке, поскольку в первом случае — это машинный процесс, а во втором — ручной.



Рис. 1. Установка TIG.Clinox.eso для устранения цветов побежалости и пассивации после сварки

Таблица 2. Техническая характеристика установок JET.Clinox для очистки сварных швов

Параметр	JET.Clinox.Maxi	JET.Clinox.Mini
Вместимость резервуара, л	50	16
Длина шланга, м	6	3
Потребляемая мощность, Вт	1400	1200
Напряжение, В	230	
Частота сети, Гц	50/60	
Масса, кг	40	12
Габаритные размеры, мм	860×440×970	420×300×530

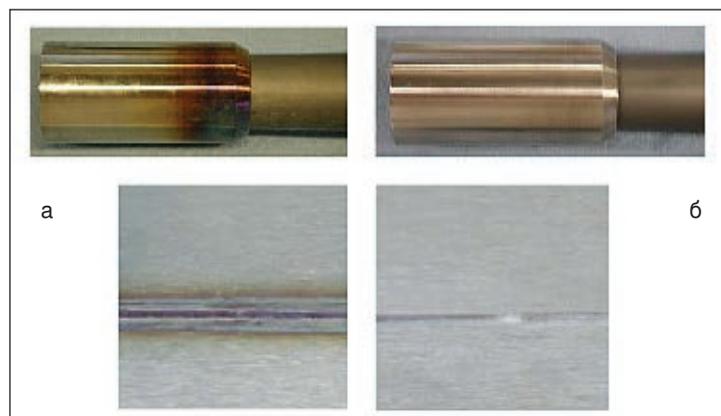


Рис. 2. Пример очистки стальных деталей от цветов побежалости: а — детали после термического воздействия; б — очищенные детали

Химическим способом удалять цвета побежалости на нержавеющей стали можно с помощью средства «ДИАМ — блестящая сталь». Его выпускают в пластиковых емкостях объемом 1,0 л и 5,0 л как в виде жидкости, так и в виде вязкой пасты, что дает возможность наиболее удобно очищать сравнительно мелкие детали и длинные сварные швы. Желеобразная консистенция пасты обеспечивает хорошее прилипание к очищаемым поверхностям. Обесцвечивание сварных швов происходит при комнатной температуре в течение 20–40 мин, а затем поверхность тщательно промывают водой.

Паста «АС-Ридокс» предназначена для очистки от цветов побежалости поверхности сварных соединений на различных металлах и сплавах. Паста представляет собой слабоокрашенную или бесцветную вязкую полупрозрачную или матовую жидкость. Плотность ее при температуре 20 °С составляет 1,10–1,30 г/см³. Пасту наносят на очищаемую поверхность с помощью кисти и выдерживают некоторое время. По окончании выдержки пасту удаляют тампоном, ветошью, щеткой или другими подходящими средствами, обрабатывают нейтрализующим компонентом и промывают водой. При большой толщине окисленного слоя очистку повторяют. Время очистки составляет для нержавеющей стали 1Х18Н10Т не более 5 мин, для кислотостойкой стали 15–50 мин, для никеля и никелевых сплавов 5–20 мин, для меди и мельхиора 2–5 мин.

Установка CLINOX.pro для устранения цветов побежалости фирмы «Nitty-Gritty s. r. l.» (Италия) предназначена для электрохимического травления и пассивации поверхности сварного шва и околошовной зоны на нержавеющей стали. В комплект установки входит плоский вольфрамовый электрод (ширина рабочей зоны 22 мм, срок службы — около 300 ч), 20 тампонов из специального двухслойного технического полимера и канистра с 5 л электролита BOMAR (состоит из дистиллированной воды, фосфорной кислоты низкой концентрации и ингибиторов коррозии). Один литр жидкости обеспечивает очистку 150 м сварного шва, а один тампон служит для очистки 50 м шва. Установку могут комплектовать различными электродами и тканевыми насадками для разных видов сварных швов. Модель установки TIG.Clinox.eso (рис. 1) благодаря ручному управлению и отсутствию вытяжки пара является одной из наиболее легких и компактных.

Техническая характеристика установки CLINOX.pro:

Напряжение питания, В	220
Частота сети, Гц	50/60
Мощность, Вт	900
Напряжение на выходе, В	10; 20; 30
Габаритные размеры, мм	200×480×300
Масса, кг	16,5
Автоматический насос	+
Полирование	+
Система всасывания	+

В отличие от химического травления с помощью травильной пасты или геля при электрохимическом травлении сразу виден результат очистки. Процесс не нарушает поверхностный слой металла (не оставляет каймы), не вредит здоровью рабочего и не загрязняет окружающую среду, так как отсутствуют вредные испарения. После очистки изделие не нужно мыть.

Установки JET.Clinox для очистки сварных швов фирмы «Nitty-Gritty s. r. l.» (Италия) предназначены для удаления продуктов травления после обработки травящими пастами сварных швов изделий из нержавеющей стали. Установки применяют для очистки сварных швов после механизированной (МИГ) и ручной дуговой (ММА) сварки. Установки (табл. 2) изготовлены из высокопрочного пластика, имеют два резервуара для сбора жидкости, для удобства транспортировки оснащены надежным шасси.

После нанесения травильных паст на сварной шов необходимо удалить продукты химической реакции, образующиеся в результате травления. Данная установка позволяет легко и быстро смыть их без загрязнения рабочей зоны и больших временных затрат. В один из резервуаров установки заливают чистую воду, которую под большим давлением распыляют в зоне контакта специальной щетки со сварным швом. Образующаяся при этом грязная вода через ту же щетку поступает во второй резервуар, где и остается. После очистки шва использованную воду необходимо вылить в отведенное для этого место или резервуар. Одновременно можно очищать только один сварной шов.

Аппараты Surfox (фирма «J. Walter GmbH», ФРГ) предназначены для удаления цветов побежалости в зоне сварных швов на высококачественных сталях (слово Surfox означает «surface oxidation» — окисление поверхности). С их помощью восстанавливают первоначальный блеск поверхностей (рис. 2). Для очистки используют

Таблица 3. Техническая характеристика аппаратов Surfox для удаления цветов побежалости

Параметр	Surfox mini	Surfox 103	Surfox 203
Выходное напряжение для электролиза, В	~30	~30	~10–30 =10–30
Вместимость резервуара для электролита, л	0,1	1,9	1,9*
Удаление пара	Нет	Нет	Есть
Потребляемая мощность, Вт	180	360	720
Напряжение сети, В	120 или 230		
Частота сети, Гц	50/60		
Габаритные размеры, мм	172×210×83	470×380×250	
Масса, кг	4,3	20,0	16,8

* Предусмотрена сигнализация отсутствия электролита.



жидкий электролит Surfox T, который действует посредством электролиза. Это обеспечивает меньший риск для пользователя, чем применение травления плавиковой и азотной кислотами. Электролит Surfox T разрешен для очистки поверхности нержавеющей стали в изделиях для пищевой промышленности. С помощью аппаратов Surfox можно также выполнять маркировку на деталях изделий и механизмов.

Аппараты серии Surfox (табл. 3, рис. 3) обеспечивают быструю очистку и пассивацию (со скоростью 1 м/мин). Они имеют насосную систему с автоматическим или ручным управлением для точной дозировки жидкого электролита. Очищенные места вытирают влажной тряпкой или промывают водой. Нейтрализация остатков очистки не требуется. Могут быть поставлены специальные электроды и протирочные подушки для эффективной очистки в углах и труднодоступных местах. Аппарат Surfox 203 имеет встроенную систему вытяжки, которая отсасывает пары в месте их возникновения. ● #775

Рис. 3. Аппараты для удаления цветов побежалости Surfox mini (а) и Surfox 203 (б)

Ультразвуковая сварка металлов вчера, сегодня и завтра

Ю. В. Холопов, д-р техн. наук, В. В. Башенко, д-р техн. наук,
Северо-Западный центр ультразвуковых технологий (С.-Петербург)

Статья американских исследователей (Ультразвуковая точечная сварка: новый способ соединения алюминия / E. Hetrick, R. Jahn, L. Reatherford, J. Skogsmo, S. Ward, D. Wilkosz, J. Devine, K. Graff, R. Gehrin (США) // Сварщик в России. — №1. — 2006) нас удивила, опечалила и обрадовала.

Удивила прежде всего тем, что Америка была одной из стран, которая в 1956–1960 гг. начала весьма интенсивно заниматься исследованиями техники и технологии ультразвуковой сварки металлов (УЗС). В тот период была опубликована масса статей, получены патенты на изобретения, разработаны образцы сварочных машин, но все эти работы, как нам показалось, сникли совсем. Статья удивила и обрадовала потому, что постановка задач, перспектива использования техники и технологии УЗС, по мнению американских исследователей, наконец-то нашли понимание. Действительно, УЗС, например, может быть использована для сварки корпусов автомобилей, что обуславливает крупные инвестиции в промышленность с целью улучшения выходных характеристик автомобилей, снижение потребления топлива, издержек производства и т. п. И это, безусловно, мощный толчок для применения высокоэффективных УЗ технологий в промышленности.

В 1960–1986 гг. в России были проведены комплексные работы по изучению физических основ процесса ультразвуковой сварки, разработке технологии и оборудования. В частности, было установлено, что основными энергетическими составляющими процесса УЗС пластмасс и металлов являются внешнее трение на всех границах раздела контактирующих пар и внутреннее трение в объеме интенсивного распространения ультразвуковых колебаний.

Показано, что энергопоглощение в зоне сварки увеличивается пропорционально объемной теплоемкости, температуре плавления, пределу текучести и волновому сопротивлению свариваемых материалов.

Экспериментально установлено, что в зависимости от выходных параметров источника ультразвука в свариваемых металлах возникают различные структуры; что термомеханические напряжения, возникающие в зоне сварки, ускоряют диффузионные явления до 10 раз.

Установлены основные причины, дестабилизирующие передачу энергии в зону сварки в процессе образования сварного соединения, определены закономерности изменения амплитудно-частотных характеристик колебательных систем в зависимости от сварочного усилия. Выявлены основные условия взаимосвязи основных технологических параметров режима сварки — амплитуды колебательных смещений сварочного наконечника и сварочного усилия — с эквивалентным сопротивлением нагрузки, эквивалентной силой и мощностью. Установлено, что оптимальные амплитуды колебаний сварочного наконечника зависят от физических, энергетических и технологических особенностей процесса УЗС.

Разработан алгоритм расчета основных технологических параметров режима сварки, в основу которого положены механические, теплофизические и акустические свойства свариваемых материалов и энергетика процесса УЗС. Были разработаны сварочные машины типа МТУ.

Сварочная машина МТУ–1,5 была зарегистрирована в СССР как изобретение. По

Северо-Западный центр ультразвуковых технологий

Северо-Западный центр ультразвуковых технологий (Санкт-Петербург) был организован в середине 1970-х годов.

В настоящее время ООО «Северо-Западный центр ультразвуковых технологий» проводит совместную работу по совершенствованию технологии и оборудования безабразивной ультразвуковой финишной обработки металлов (БУФО) с одним из крупнейших вузов России — Санкт-Петербургским государственным политехническим университетом.



Центр производит универсальный инструмент для безабразивной ультразвуковой финишной обработки металлов, который можно устанавливать на любые токарные, строгальные, плоскошлифовальные и другие станки, предназначенные для металлообработки — комплекты БУФО.

www.bufo.ru

Таблица. Механическая прочность сварных соединений, выполненных машинами типа МТУ

Мощность, кВт	Материал	Толщина, мм	Время сварки, с	Усилие сжатия, Н	Число сварных точек	Число контрольных значений	Разрушающая нагрузка, Н
0,4	Л59+АО	0,35+0,065	0,5	350	100	100	$\frac{16-23}{16,7}$
0,4	Л59+АО	0,35+0,065	0,5	350	10000	10000	отрыв по алюминиевой фольге
1,5	Медь МО	0,2+0,2	0,63	1150	100	100	$\frac{225-320}{265}$
1,5	Медь МО	0,2+0,2	0,63	1150	5500	11	$\frac{240-290}{260}$
1,5	Медь МО	0,5+0,5	2,35	1350	10000	20	$\frac{700-1040}{800}$
1,5	Л59	0,2+0,2	0,9	1150	95	95	$\frac{590-710}{660}$
1,5	АЛ+АЛ	0,5+0,5	1,45	850	100	100	$\frac{650-800}{680}$
1,5	IX18H9T+A1	0,3+0,5	1,45	850	15	15	$\frac{600-750}{700}$
4,0	Медь МЗ	1,0+1,0	1,2	4400	25	25	$\frac{2020-2800}{2600}$
4,0	Медь МЗ	1,0+1,0	1,2	4400	10000	50	$\frac{2190-3050}{2570}$
4,0	Медь МЗ	1,0+1,0	1,2	4400	20000	40	$\frac{2200-3450}{2700}$

нашей заявке Патентное ведомство США было вынуждено выдать патент США № 33375965, аналогичным образом были получены патенты Великобритании № 1073191 и ФРГ № 1527452.

На базе этих патентов был разработан ряд типоразмеров сварочных машин для точечной ультразвуковой сварки алюминия, меди и других металлов и сплавов мощностью 0,4; 1,5; 4,0 кВт. Эти машины позволяли сваривать с производительностью до 60 точек в минуту разнородные металлы размером соответственно 0,2+0,2; 0,5+0,5 и 1,2 мм.

Для работ, выполняемых при монтаже, были разработаны клещи с номинальной мощностью 0,1; 0,63 и 1,5 кВт.

Механическая прочность сварных соединений, полученных при использовании сварочных машин МТУ-0,4, МТУ-1,5 (рис. 1) и МТУ-4,0, приведена в таблице.

Для шовной ультразвуковой сварки металлов разработаны машины МШУ-0,4, МШУ-1,5 (рис. 2) и МШУ-4,0.

УЗС достаточно интенсивно начали внедрять на заводах Советского Союза. Например, сварочная машина МТУ-0,4 (разработана в 1964 г.) при проведении заводских испытаний показала исключительно высокие результаты при сварке токоотводов алюминиевых электролитических конденсаторов. В отличие от конденсаторной свар-

ки, при которой было до 98% брака, при использовании новой машины брак отсутствовал. Было организовано производство машин МТУ-0,4 для оснащения всей отрасли конденсаторостроения.

Опытный образец клещей КТУ-1,5 (рис. 3) для точечной ультразвуковой сварки в монтажных условиях использовали



Рис. 1. Машина МТУ-1,5 для точечной ультразвуковой сварки металлов

Рис. 2.
Машина
МШУ-1,5
для шовной
ультра-
звуковой
сварки
металлов

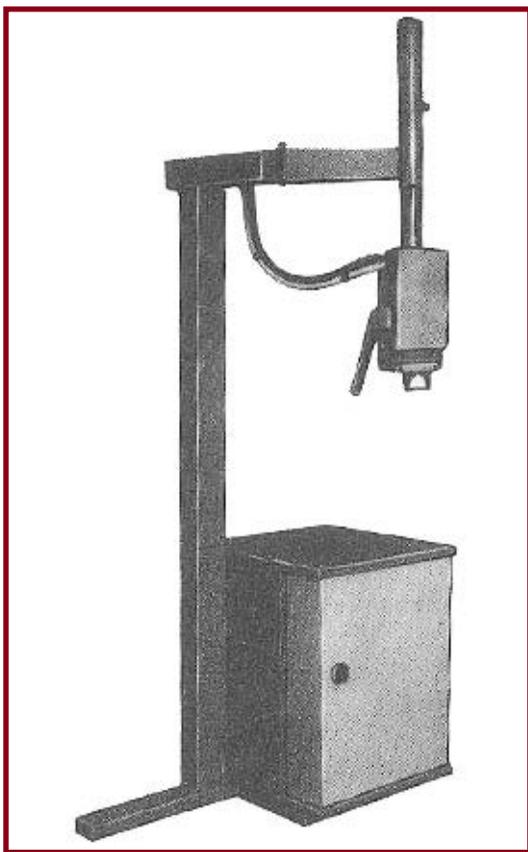
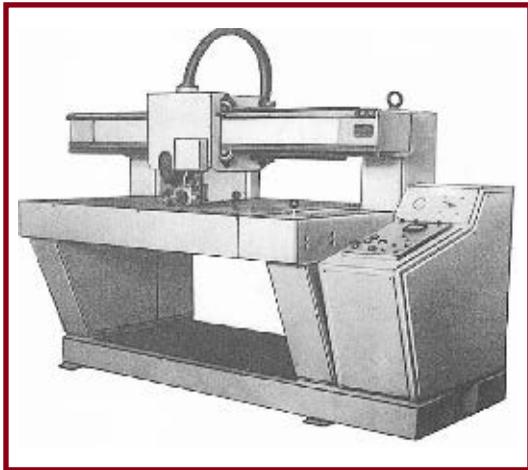


Рис. 3.
Клеши
КТУ-1,5
для точечной
ультра-
звуковой
сварки
алюминия

для сварки вкладышей переемычек и токоотводов силовых конденсаторов.

С аналогичным успехом УЗС использовали при изготовлении алюминиевых ленточных трансформаторов. Стабильность работы ультразвуковой сварочной машины по требованию заказчика была проверена на 47,1 тыс. сварных соединений. Комиссия завода-заказчика брака в сварных соединениях не обнаружила.

Таким образом, многочисленными испытаниями было показано, что УЗС является надежным, высокоэффективным, уникальным технологическим процессом.

Однако, как отмечено в статье американских исследователей, многое из того, что было сделано в 1960–1985 гг. в СССР в области УЗС, кануло в вечность. Развал науки с началом перестройки не пощадил ничего. Теперь о наших достижениях можно только вспоминать.

А вспоминать стоит.

Феномен российской действительности состоит в том, что в стране еще есть способные талантливые специалисты, которые не оставляют идею создания уникальных приборов, машин, механизмов. Но их путь тернист, и далеко не всякий может преодолеть все трудности мощной бюрократической машины в лице государства.

Можно задуматься: а как много фирм в рамках малого предпринимательства занимается решением прикладных вопросов науки, крайне важных для становления народного хозяйства страны? Они, как известно, составляют долю процента от общего их числа. Почему же нельзя с них снять налоги? Допустим, на 3–5 лет, чтобы обеспечить их выживаемость. Почему нельзя для таких организаций сделать выставки научных достижений России государственными; выпускать научно-технические бюллетени, в которых размещалась бы информация о значимых технологиях, приборах, машинах и т. п.?

Если американским ученым завтра удастся решить комплекс проблем, связанных с разработкой технологии УЗС применительно к сварке корпусов автомобилей, то это, надо признать, будет триумф в сварочной технологии XXI века.

Кроме того, развитие научных концепций использования мощной ультразвуковой сварочной техники вызовет к жизни и ряд побочных, но важных направлений работ. К ним можно отнести снятие остаточных напряжений в сварных соединениях как при УЗС, так и при дуговой, контактной и других видах сварки.

В последнее время выявлено воздействие ультразвука, лазера, электронного луча на свойства структуры поверхности материала. Практически уже доказано, что при использовании ультразвуковых технологий износостойкость, например пар трения в различных машинах и механизмах, может быть увеличена в 5–10 раз.

Американских исследователей можно поздравить с тем, что они возвратились к патентам 1960-х гг., реализация которых может способствовать научно-техническому прогрессу.

● #776

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2007

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

**МЕТАЛЛО-
ОБРАБОТКА**
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

**УКРПЛАСТ
ТІСІХ**
ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКА

**ГИДРАВЛИКА
ПНЕВМАТИКА**

**УКРПРОМ
АВТОМАТИЗАЦІЯ**
ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**
КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗВЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,
ЛАБОРАТОРНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ

**БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВА**
СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ
РАБОТЫ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

**УКРМАШ
ТІСІХ**
ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

**УКРВТОР
ТІСІХ**
ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ОБОРУДОВАНИЯ

ПОДШИПНИКИ

УКРСВАРКА
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
КОНТАКТИ

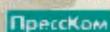
**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

СУБЪКОНТРАКТЫ
НАИМЕНОВАНИЕ ЗАКАЗОВ ПО КОДИРОВАНИЮ

Генеральные
информационные партнеры:



Технический партнер:



ОРГАНИЗАТОРЫ:

Министерство промышленной политики Украины
ООО "Международный выставочный центр"
Украинская Национальная Компания
"Укрстанкоинструмент"

27-30
НОЯБРЯ 2007 г.



☎ (044) 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua

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

Информационная поддержка:



Исследование возможности проведения акустико-эмиссионной диагностики прочностной надежности комбинированных баллонов

М. Б. Милешкин, И. В. Библик, Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины, **Г. И. Мамин**, Ассоциация «Харьковнефтемаш» (Харьков)

Комбинированные баллоны относят к числу необходимых элементов многих технических систем и важному классу объектов повышенной опасности, поэтому работы по улучшению их характеристик и технологии производства приобретают в настоящее время особую актуальность.

Комбинированный баллон представляет собой лейнер (внутреннюю герметизирующую полимерную или металлическую оболочку), на который наматывается оболочка из полимерного композиционного материала (ПКМ) — обычно стеклопластиковая или углепластиковая. Введение лейнера требует решения задач не только оптимального проектирования (соотношение толщин, схема армирования, форма баллона и др.), но и оценки его механического состояния и прочностной надежности.

Диагностику прочностной надежности комбинированных баллонов необходимо проводить в зависимости от типа лейнера — полимерного (обычно полиэтиленового) или металлического (чаще всего стального или алюминиевого).

Если рассматривать полиэтиленовый лейнер, вклад которого в несущую способность комбинированного баллона незначительный и чье присутствие связано исключительно с герметичностью, речь может идти только об оценке прочностной надежности композиционной оболочки. Использование металлического лейнера, даже тонкого, изготовленного из сплава с высоким модулем упругости, может внести некоторые изменения как в предварительно определенную прочностную надежность комбинированного баллона, так и в его последующее поведение при малоцикловом нагружении (причем вклад металлического лейнера в ряде случаев может быть отрицательным). Например, для комбинированного баллона, состоящего из стального лейнера и стеклопластиковой оболочки, последняя выполняет функцию поддержания несущей способности баллона, но на уровне разрушающего давления берет на себя больше половины несущей способности.

Диагностика прочности комбинированных баллонов давления с полиэтиленовым лейнером может

быть проведена методом акустической эмиссии (АЭ) с использованием относительного АЭ-критерия K_N , который легко определяется при регистрации АЭ вблизи точки перехода от режима активного нагружения к выдержке под постоянной нагрузкой (А. с. № 1295271 (СССР). *Способ определения прочности изделий / М. Б. Милешкин, Е. И. Музыка, И. В. Библик. — Оpubл. в Б. И. 1987, №9).*

Прочностная количественная диагностика баллонов с металлическим лейнером, по-видимому, возможна только на основе оценки характеристик процесса разрушения слоя ПКМ. Метод АЭ представляет для этого достаточное количество возможностей, при этом сигналы акустической эмиссии от лейнера могут быть исключены с помощью различных подходов, которые здесь не освещены.

Рассмотрим результаты оценки прочностной надежности комбинированных баллонов с двумя типами лейнеров — полиэтиленовым и стальным.

Исследования влияния металлического лейнера на несущую способность баллонов и параметры АЭ проводили при помощи специального расчетно-экспериментального метода (РЭМ). Поскольку этот метод уже показал свое почти полное совпадение с параметрами АЭ для целого ряда изделий из ПКМ, в том числе и с резиновой герметизирующей оболочкой, он может служить основой для определения возможности оценки прочностной надежности комбинированных баллонов и с металлическим лейнером.

Необходимо отметить, что наличие лейнера изменяет напряженно-деформированное состояние баллона, и хотя в упругой области возможен точный учет совместной работы оболочки из ПКМ с металлическим лейнером, ограничимся только приближенной оценкой механического поведения баллона, рассматривая его как двухслойный композит.

На *рис. 1* и *2* приведены результаты применения компьютерного моделирования для комбинированных баллонов из стеклопластика соответственно с полиэтиленовым и стальным лейнером.

Для полиэтиленового лейнера оболочка из стеклопластика имела 24 слоя (12 кольцевых и 12 спи-

ральных) толщиной 0,85 мм, угол намотки спиральных слоев составлял 75°, наружный диаметр 500 мм. Объем комбинированного баллона около 400 л. Рабочее давление до 25 МПа. Коэффициент запаса прочности 2,6.

Для стального лейнера (предел прочности 1150 МПа, относительное удлинение при разрыве 12%, толщина стенки 2,3 мм) оболочка из стеклопластика имела 4 слоя (2 кольцевых и 2 спиральных) толщиной от 0,6 до 1,0 мм, угол намотки спиральных слоев составлял 45°, наружный диаметр 140 мм. Объем комбинированного баллона 7 л. Рабочее давление 29,4 МПа. Коэффициент запаса прочности 2,6.

Кривые зависимости, приведенные на рис. 1 и 2, являются типичными и совпадают с экспериментально полученными зависимостями изменения активности АЭ при нагружении внутренним давлением оболочек из ПКМ. Ранний пик активности АЭ связан с ранним разрушением поверхностей раздела в кольцевых и спиральных слоях оболочек.

На рис. 3, а, б приведены зависимости относительного АЭ-критерия K_N , полученного с помощью РЭМ, от разрушающего давления для комбинированных баллонов соответственно с полиэтиленовым и стальным лейнером. Для определения АЭ-критерия проводили «компьютерное нагружение» с выдержкой при 25 МПа (полиэтиленовый лейнер) и при 50 МПа (стальной лейнер). Изменение значений разрушающего давления было получено путем изменения толщины слоя ПКМ или лейнера. Из рис. 3 видно, что с помощью относительного АЭ-критерия K_N можно проводить диагностику несущей способности комбинированных баллонов.

При диагностике прочности с использованием АЭ-критерия K_N достаточно определить его при контрольно-технологических или проверочных испытаниях. При этом возможна оценка как прочности комбинированного баллона, так и его остаточного ресурса эксплуатации. Для перехода к практическому решению этих задач необходимо провести небольшое предварительное исследование связи АЭ-критерия K_N с прочностью и долговечностью баллонов при статическом и малоцикловом нагружениях.

ПКМ с точки зрения диагностики их прочности методом АЭ являются уникальными материалами. Если же возникает вопрос оценки прочностной надежности металлических баллонов (без ПКМ), то регистрацию АЭ в соответствии с нормативными документами проводят с целью оценки потока сигналов АЭ, которым присваивается различная степень опасности, т. е. прямую диагностику прочности не проводят, а в случае наличия опасных дефектов используют другие методы неразрушающего контроля. Здесь же отметим, что РЭМ позволяет определять остаточный ресурс и металлических изделий, но только при условии оценки фактического состояния материала.

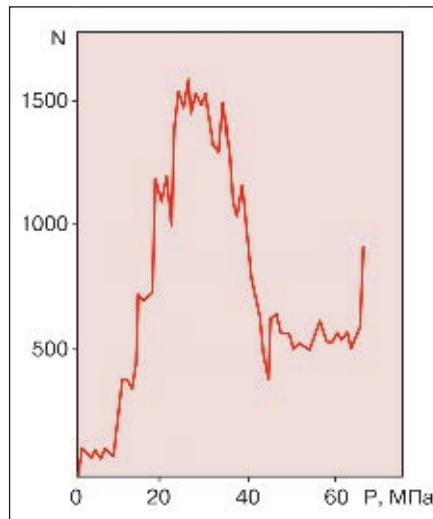


Рис. 1. Изменение числа N разрушенных структурных элементов — «активности АЭ» при нагружении баллона с полиэтиленовым лейнером

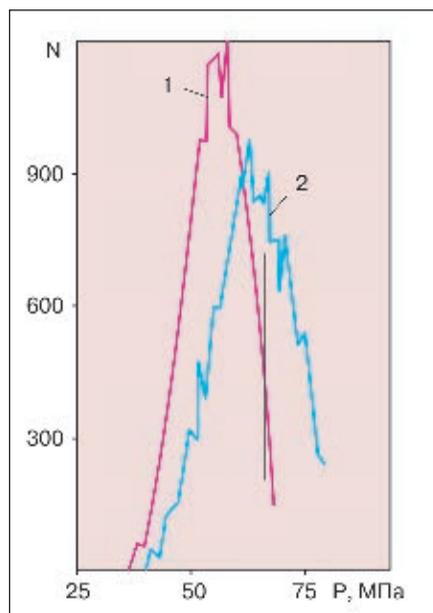


Рис. 2. Изменение числа N разрушенных структурных элементов при нагружении баллона со стальным лейнером (толщина слоя ПКМ: 1 — 0,6 мм; 2 — 1,0 мм)

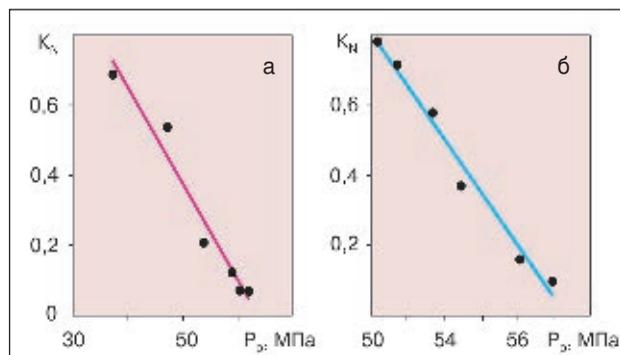


Рис. 3. Зависимость относительного АЭ критерия K_N от разрушающего давления для комбинированных баллонов

В заключение можно сделать вывод, что диагностика прочностной надежности комбинированных баллонов может быть проведена на различных этапах их жизненного цикла — при конструировании (с использованием РЭМ), после изготовления и при эксплуатации (с использованием АЭ-критерия K_N). ● #777

Плазменно-дуговая технология получения нового экологически чистого топлива для автотранспорта

С. В. Петров, В.Н. Коржик, Г. С. Маринский, д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, **А. В. Вербовский**, Институт газа НАН Украины (Киев)

Серьезной проблемой современного общества является возрастающее негативное воздействие на окружающую среду продуктов сгорания природного топлива: угля и газа, бензина и дизельного топлива. Поскольку не существует естественных ресурсов, которые смогли бы обеспечить приемлемое для окружающей среды замещение природного топлива, новые чистые энергии и топливо должны быть синтезированы и должны отвечать следующим требованиям: не загрязнять окружающую среду; быть пригодными для использования в двигателях внутреннего сгорания; быть конкурентоспособными с доступным на рынке природным топливом.

Поиск новых видов топлива или способов более эффективного использования привычных, особенно совмещенных с утилизацией отходов, в последние годы привлекает все большее внимание ученых и специалистов во всем мире. Так, д-р Ругеро Мария Сантилли при поддержке департамента энергетики США в 1978 г. разработал теоретические предпосылки появления новых чистых источников энергии, а в 1998 г. построил реактор Plasma Arc Flow, устройство для производства принципиально нового газообразного топлива «магнегаза». Такой газ образуется в условиях очень интенсивных магнитных полей в электрической дуге, погруженной в перерабатываемое жидкое сырье. Задолго до этого сварщики замечали, что газ, который в пузырьках всплывает на поверхность при подводной сварке, хорошо горит. Впервые обратил внимание на его уникальные свойства д-р Сантилли. Технологические основы горения стационарной электрической дуги в поперечном потоке жидкости разработал украинский ученый В. И. Носуленко применительно к размерной обработке деталей. Первые публикации появились еще в 1960 гг., а его школа и в настоящее время активно разрабатывает это направление.

Практически важный с точки зрения энергетики аспект изобретения Сантилли состоит в том, что при определенных усло-

виях группы атомов могут образовывать немоллекулярные комплексы — «магнекулы». Энергии связей в подобных комплексах могут существенно превышать соответствующие величины для обычных молекул, поэтому теплотворная способность магнегаза выше, чем обычного синтезгаза аналогичного химического состава. Ключевым обстоятельством является то, что температура в несколько тысяч градусов и мощное магнитное поле в зоне горения электрического разряда преобразуют электронные орбиты соединений углерода, кислорода и водорода, из которых преимущественно состоит плазма, окружающая электрическую дугу. По мере того как плазма вымывается потоком в окружающие слои жидкости, входящие в ее состав элементы быстро остывают и объединяются в кластеры (магнекулы — терминология д-ра Сантилли) с сохранением внутренней энергии плазмы. Магнекулы устойчивы при обычных условиях, так что для хранения газа не требуется каких-либо особых условий, по сравнению с природным газом. Более того, магнегаз легче воздуха и не воспламеняется от удара, что делает его еще более привлекательным с точки зрения безопасности.

Химическая структура полученного газа зависит от жидкости, использованной для его производства. В качестве сырья применяют жидкие отходы на основе нефти (автомобильные жидкие отходы, сельскохозяйственные отходы нефти, отходы масла для жарения из ресторанов быстрого питания McDonald's, отработанное масло кораблей, сырую нефть, отходы легкоподвижной жидкости) и отходы на основе воды (городские, сельскохозяйственные сточные воды или шлам, воду из водоемов или отстойников и т. п.) в соотношении один объем нефтяных отходов к двум объемам отходов на основе воды. Целесообразность смешивания отходов заключается в том, что из двух

третей отходов на основе воды в горючий газ поступает до 60% водорода и до 23% кислорода, благодаря чему получают магнегаз, который является экологически чистым, а добавление нефтяных отходов способствует повышению энергоемкости магнегаза, что в свою очередь увеличивает прибыль от переработки жидких отходов. Собственно технологию изначально позиционировали как способ выгодной утилизации промышленных и хозяйственных отходов. Возможность использования в качестве сырья отходов органического происхождения причисляет это топливо к классу синтезирующихся из обновляемых источников.

Перерабатывающая установка работает в режиме, при котором с помощью плазменной дуги до тех пор удаляется жидкая фракция отходов, пока все молекулы жидкости не преобразуются в горючий газ. В процессе переработки вырабатывается полезная теплота, небольшое количество углерода, который пригоден для использования в производстве электродов, и вода, пригодная для ирригации.

В окружающую среду не поступают жидкие, твердые или газообразные выбросы. Перерабатывающая установка работает бесшумно, без выделения запаха. При эксплуатации установки не образуется никаких химических препаратов, поскольку при переработке биологически загрязненные жидкие отходы полностью стерилизуются при воздействии высокой температуры (более 3500 °С) и очень сильного ультрафиолетового излучения плазменной дуги. Таким образом, получение экологически чистого газа связано с решением проблемы утилизации различных отходов.

Молекулярная структура магнегаза, исследованная различными лабораториями в США, представлена следующими химическими соединениями: 40–45% H₂, 55–60% CO, 1–2% CO₂. Эти простые вещества и индивидуальные атомы водорода, кислорода и углерода объединены в кластеры. При горении магнегаза вначале разрушаются магнитные кластеры, затем активизируются обычные химические реакции окисления. Поэтому продукты сгорания имеют обычную химическую структуру. Теплотворная способность магнегаза зависит от сырья, из которого он выработан: чем больше насыщенность стоков углеводородами, тем она выше. Например, из смеси антифриза и органических стоков образуется около 7700 ккал/м³, из смеси нефтепродуктов с водой — 8900 ккал/м³.

Таблица. Результаты сравнительных испытаний

Элемент	Магнегаз, г/миллю	Природный газ, г/миллю	Бензин, г/миллю	ЕРА стандарт, г/миллю
Углеводороды	0,026	0,380	0,234	0,41
Оксид углерода	0,262	5,494	1,965	3,40
Оксиды азота	0,281	0,732	0,247	1,00
Диоксид углерода	235	646,503	458,655	Нет
Кислород	9%–12%	0,5%–0,7%	0,5%–0,7%	Нет

По данным американских ученых, несмотря на внешне обычную химическую структуру, газ, представленный водородом и монооксидом углерода, дает при сгорании аномально высокое количество теплоты. Так, по сравнению с ацетиленом смесь CO+H₂ имеет почти в восемь раз меньшую теплоту сгорания. Однако использование магнегаза для резки металла показывает, что скорость резки при этом возрастает в два раза по сравнению со скоростью резки с использованием ацетилена. Это аномальное явление объясняют большим запасом энергии в магнитносвязанных молекулах. Магнегаз — дешевый, безопасный и эффективный газ. По сравнению с углеводородами он горит быстрее, но взрывобезопасен, легче воздуха и поэтому быстро рассеивается, имеет четко выраженный естественный запах, что позволяет его легко обнаружить. Магнегаз не воспламеняется самостоятельно, и баллоны для его транспортировки безопаснее, чем бензиновые резервуары.

Магнегаз был также испытан в качестве автомобильного топлива. Автомобили Ferrari 308 GTSi и Honda Civic, заправляемые этим газом, подвергали различным тестам. Так, автомобиль Honda Civic, первоначально работавший на природном газе, не будучи существенно модифицирован, был заправлен магнегазом и успешно прошел все испытания (без катализатора). Сравнительные результаты этих испытаний, проведенных Национальным агентством США по защите окружающей среды (ЕРА), сведены в таблицу.

Приведенные данные свидетельствуют о превосходстве магнегаза по чистоте выхлопных газов. Магнегаз не содержит тяжелых углеводородов, так как создается при температуре выше 3500 °С, следовательно измеренные углеводороды в выхлопных газах являются следствием сгорания масла, поступающего для смазки в двигатель. Оксид углерода является компонентом топлива магнегаза. Ее наличие в выхлопных газах

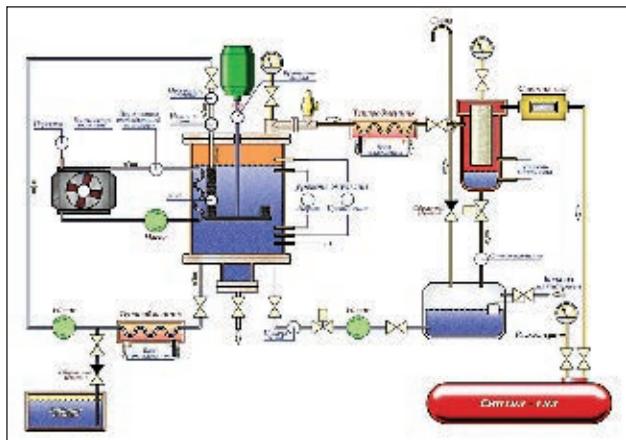


Рис. 1. Схема установки ПЛАЗЕР 201



Рис. 2. Общий вид установки

свидетельствует о неполном сгорании. Содержание оксида азота определяет температура сгорания и другие факторы. Приведенные результаты получены на автомобилях, переоборудованных для работы на природном газе, и не характеризуют лучший из возможных способов сгорания магнегаза.

Сравнительные испытания на различных режимах (ускорения, полная нагрузка и др.) показали, что мощность двигателя, работающего на сжатом магнегазе, полностью эквивалентна таковой для того же двигателя, работающего на сжатом природном газе. Сравнительные тесты по потреблению топлива также показали сходные результаты. Один литр бензина эквивалентен 1,0–1,3 нм^3 магнегаза (в зависимости от состава исходного сырья). Среднее потребление магнегаза при езде в городских условиях, так же как и природного газа, составляет 12 $\text{нм}^3/\text{ч}$. Что касается резервов для снижения расхода газа — они есть. Доказательством этому являются передовые разработки: Volkswagen продемонстрировал в Москве три своих автомашины на «газовом» ходу Caddy EcoFuel. Эти автомашины, в которых вместо бензина используют природный газ, добрались до российской столицы своим ходом за че-

тыре дня, пройдя более 2000 км. Для своего автомобиля немцы сконструировали поперечный четырехцилиндровый однорядный двигатель внутреннего сгорания, соответствующий нормам токсичности EU-4. Показатели автомобиля с двухлитровым двигателем: расход топлива 8,3 $\text{нм}^3/100$ км. При полном заполнении бака (26 килограммов или 36,6 нм^3 природного газа) автомобиль преодолевает в среднем расстояние в 440 км.

Авторами разрабатывается ряд плазмохимических процессов, в том числе спроектирован реактор модульного типа (установка ПЛАЗЕР 201) мощностью 50–100–150 кВт для получения синтезгаза с улучшенными свойствами (рис. 1, 2). Реактор представляет собой замкнутую камеру, заполняемую жидкостью, которую следует переработать. Жидкость циркуляционным насосом прокачивается через электрический разряд постоянного тока. Электроды, между которыми горит дуговой разряд, находятся внутри реактора, т.е. они погружены в жидкость. Для электропитания дуги однодугового модуля используют один сварочный универсальный выпрямитель ВДУ-1202 мощностью 50 кВт, двухдугового модуля — два (100 кВт), трехдугового модуля — три (150 кВт). Магнегаз в пузырьках всплывает на поверхность, очищается от паров воды, охлаждается в теплообменнике и поступает в ресивер. Далее насосами его закачивают в баллоны.

Перерабатывающая установка производит 14 нм^3 горючего магнегаза в час, если мощность составляет 50 кВт, и 28 нм^3 , если мощность составляет 100 кВт.

В 1 л бензина содержится около 8858 ккал. В 1 м^3 горючего газа магнегаза, полученного из смеси воды и нефтепродуктов, содержится около 7382 ккал. Следовательно, бензиновый эквивалент (в литрах) горючего газа магнегаза составляет $8858 : 7382 = 1,2 \text{ м}^3/\text{л}$. Поэтому при мощности 100 кВт перерабатывающая установка может произвести за пять рабочих дней, работая 24 ч в сутки, $5 \cdot 24 \cdot 28 = 3360 \text{ нм}^3$ экологически чистого горючего газа магнегаза, или в бензиновом эквиваленте 2800 л.

Для переработки одного литра нефтепродуктов установка использует дополнительно воду из отстойников, водоемов, артезианских колодцев. Скорость переработки в первую очередь зависит от желаемого испарения воды, которое, в свою очередь, определяет рабочая температура. При отсутствии испарения воды скорость переработки жидкости при производстве горючего газа составит около 1000/1. Поэтому к одному литру перерабатываемых нефтепродуктов добавляют три литра воды, из них производится 4 нм^3 горючего газа, или 3,33 л бензинового эквивалента. При наличии испарения (с целью дополнительного получения дистиллированной воды) можно перерабатывать со скоростью до 113 л/ч. При линейном режиме работы установки использовать теплоту невозможно. ● #778

Лазерная наплавка металлическими порошками

Frantisek Kolenic, PhD, Peter Blazicek, Miroslav Kosecek, PhD,
Prva Zvaracska a.s. (Братислава, Словацкая Республика)

Обработка поверхности металлов — давно известный метод улучшения эксплуатационных свойств деталей машин и конструкций. Классические методы наплавки (плазменная, дуговая и др.) остаются в современной промышленности на одинаковом уровне своих возможностей. Их потенциал практически исчерпан, т.к. данные методы не в полной мере отвечают современным требованиям обеспечения минимальной деформации в процессе наплавки, достижения структурной однородности состава материала системы «покрытие—основа», получения узкой зоны термического влияния и др.

В современной инженерии поверхности, занимающейся улучшением эксплуатационных свойств поверхности металлических материалов, сейчас развиваются новые технологии на базе энергетических источников, значительно более эффективных, чем классические. Одним из таких источников является лазерный луч, который уже достаточно широко используют в производстве. Его достоинства заключаются в возможности мониторинга процесса в режиме on-line; высокой оперативности восстановления изношенных деталей; программировании направления перемещении технологических параметров обработки; высокой производительности труда и возможности обработки деталей практически без ограничения их размеров.

Использование лазерных технологических процессов с высокой степенью автоматизации дает возможность с высокой точностью распределения во времени регулировать энергию, подаваемую в зону обработки. Этим методом можно добиться получения покрытия с хорошим поверхностным формированием. Варьирование технических параметров процесса наплавки позволяет влиять на металлургические характеристики, такие как химический состав наплавленного слоя, равномерность его формирования, твердость наплавленного слоя и др. Технологические параметры влияют на степень

перемешивания наплавляемого материала с материалом основы. Можно получить как очень слабый диффузионный переход с минимальным перемешиванием, так и значительное перемешивание основного материала с наплавляемым. Среди известных характеристик наплавки, выполненной лазерным лучом, следует отметить равномерное распределение элементов, хорошее формирование поверхности наплавки и минимальную деформацию в результате наплавки.

В данной статье приведены результаты исследований процесса порошковой наплавки лазерным лучом, проведенных в лабораториях a. s. Prva Zvaracska (Словакия).

Анализ возможности использования металлических порошков при наплавке лазерным лучом. Использование металлических порошков как дополнительного материала при наплавке с помощью лазерных технологий имеет множество достоинств:

- порошки для наплавки можно подавать периодически и с помощью оперативных подающих систем, работающих по принципу перемещения порошка транспортирующим газом, который дальше через питатель направляется в зону наплавки;
- порошок можно подавать коаксиально с осью лазерного луча или под углом;
- транспортирующий газ одновременно выполняет и защитную функцию (предотвращает окисление наплавленного металла). Подается коаксиально с лучом либо несимметрично в противоположном направлении (перед лучом);
- поверхность материала перед наплавкой проходит обезжиривание и грубое шлифование;
- наплавочный порошок можно наносить на поверхность материала также перед лазерной обработкой;
- можно применять порошки с разнородной структурой, зависящей от химического состава исходного сплава. Например, можно применять порошки на основе Ni и В, полученные разбрызгиванием, или порошки, которые можно получить

обычным дроблением или измельчением без плавления;

- состав порошков можно изменять не только с помощью металлургических процессов, но и механическим их смешиванием, например, добавлением порошка WC, порошков с содержанием диборидов никеля или хрома и др.

Сцепление при наплавлении слоя отражается на металлургических свойствах соединения намного больше, чем при напылении порошка, где прочность соединения соответствует величине сил Ван дер Ваальса.

К недостаткам использования порошков при лазерной наплавке относят потери порошка, который не попал в место наплавки или остался нерасплавленным на краю покрытия. Потери порошка не имеют значительного влияния на экономические показатели процесса наплавки.

Экспериментальные методы. Для исследования лазерной наплавки использовали следующее оборудование:

- CO₂-лазер типа AF 8 мощностью 8 кВт с пятидюймовой фокусной оптикой;
- устройство для подачи порошка типа LPP1 с подачей аргона, позволяющее регулировать количество подаваемого порошка и устанавливать угол наклона к оси луча, а также угол наклона питателя к направлению наплавки.

Технология лазерной наплавки дает возможность подавать порошок для наплавки двумя способами. При первом способе используют нанесение порошкового материала на материал основы перед зоной наплавки, например, газопламенным или плазменным напылением равномерным тонким слоем. Известны случаи фиксирования порош-

ков на материале основы приклеиванием (пасты порошков, смешанных с жидкой медью). Второй способ, более эффективный, использует прямое введение порошкового наплавочного материала в зону лазерной наплавки. Порошок подается транспортирующим газом, которым является аргон, через выпускную форсунку, направленную к месту взаимодействия лазерного луча с материалом основы. Порошок можно подавать коаксиально с осью лазерного луча или со стороны под определенным углом, как показано на *рис. 1*.

Представленные экспериментальные данные были получены при исследовании лазерной наплавки методом прямого введения порошка в зону наплавки под углом к оси лазерного луча.

В испытаниях исследовали порошки с характеристиками, приведенными в *табл. 1*.

Во время экспериментов наблюдение за технологическим процессом осуществляли двумя способами: тепловизором и встроенной CCD-камерой.

Первым способом измеряли тепловые поля, которые возникают при взаимодействии расфокусированного лазерного луча с материалом основы в области наплавки при одновременной подаче наплавочного порошка. При наблюдении определяли форму и размеры области с температурой выше температуры плавления. Полученные данные служили основанием для определения оптимальных параметров наплавки. Характеристика тепловых полей, возникающих при действии лазера в области наплавки, приведена на *рис. 2*.

Контроль за процессом лазерной наплавки с помощью CCD-камеры проводили в режиме постоянной съемки и записи технологического процесса. На полученном изображении можно увидеть как бездефектный ход процесса, так и состояния, при которых возникают дефекты в покрытии.

Если подача порошка полностью прекратилась, то оператор прерывает процесс наплавки и после устранения неисправности продолжает наплавку, повторяя процесс с того места, где был устранен дефект.

Результаты экспериментальных исследований. Порошковые покрытия в соответствии с *табл. 1* на стали 11373 (St37/2) имели дендритную макроструктуру, более-менее вертикально ориентированную на матрицу. В целом можно констатировать, что микроструктура порошковых покрытий на основе NiCrB с различным содержанием уг-

Рис. 1. Геометрическая конфигурация лазерного луча и подающей форсунки в процессе наплавки

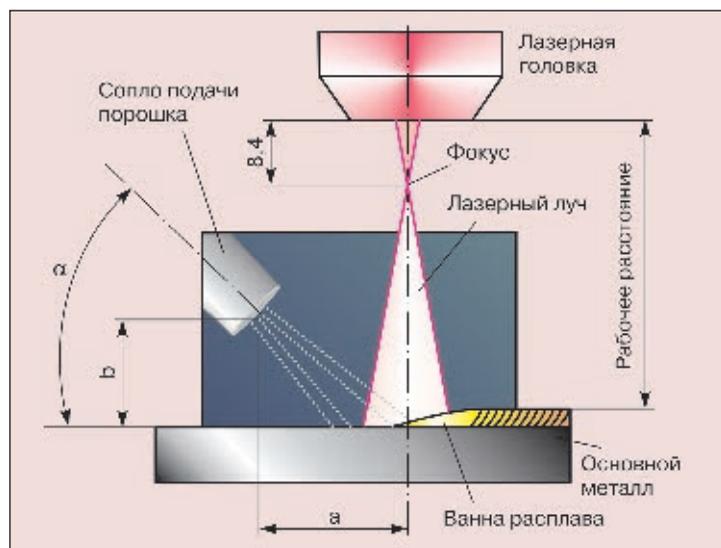


Таблица 1. Порошки, использовавшиеся для лазерной наплавки

Обозначение	Содержание химических элементов, %									Характеристика (форма, размер частиц, твердость после наплавки)
	C	Si	B	Cr	Fe	Cu	W	Mo	Другие	
NP22	0,1 макс.	2,0	1,5	–	0,3 макс.	–	–	–	–	Сферическая, 100–45 мкм, 18–24 HRC ₃
NP35	0,3 макс.	3,0	2,0	6,5		–	–	–	–	То же, 30–36 HRC ₃
NP42		3,0	2,5	2,6		–	–	–	–	То же, 36–44 HRC ₃
NP52	0,3 макс.	3,5	2,5	10,0 макс.	3,0	–	–	–	–	Сферическая, 100–45, 140–90, 200–160 мкм, 48–54 HRC ₃
NP62		0,8	4,5	3,5	16,5	4,5	–	–	–	То же, 125–45 мкм, до 65 HRC ₃
NP62WC50	0,6	4,0	3,5	15,0	3,0	–	–	–	WC 50%	Матрица: сферическая, 100–45 мкм, 57–61 HRC ₃ . Карбид: несистематические угловатые образования, 75–85 HRC ₃
VTP 897	0,6	4,5	4,0	15,0	10,0	2,5	2,5	2,5	–	Сферическая, 100–45 мкм
VTP 897WC25	0,6	4,5	4,0	15,0	10,0	2,5	2,5	2,5	WC 25%	Матрица: сферическая, 100–45 мкм Карбид: сферическая, 100–71 мкм
VTP 897WC50	0,6	4,5	4,0	15,0	10,0	2,5	2,5	2,5	WC 50%	Матрица: сферическая, 100–45 мкм Карбид: сферическая, 100–71 мкм
VTP Stellite	1,2	–	–	30,0	–	–	4,0	–	C осадком	Матрица: сферическая, 100–5 мкм

Примечание. Содержание Ni — остаток.

лерода образована концентрированным раствором никеля, а также карбидными и боридными фазами типа Cr₂₃C₆ и (CrNi)₃B, где бор частично замещает углерод.

Микроструктура порошкового покрытия на основе NiCrBSi типа NP62 показана на рис. 3. Твердость материала по глубине наплавки практически одинакова (рис. 4): экспериментальные данные находятся в пределах статистического разброса значений твердости.

Добавление до 50% карбида вольфрама WC к данным порошкам значительно повышает абразивную способность и твердость наплавки. В некоторых случаях, при определенных технологических параметрах, можно наблюдать неомогенное разложение частиц WC в покрытии и их нагромождение на границе с материалом основы. При таком распределении частиц WC будет повышена склонность к образованию микротрещин, большей частью ориентированных вертикально к поверхности матрицы. При большем содержании WC в наплавке или в поверхностных слоях эти трещины ориентированы иначе.

Отдельные частицы порошка WC могут быть сферическими (глобулярными) или многогранными. Примеси WC с глобулярным образованием в процессе наплавки порошка способствуют возникновению пор и других неплотностей, которые могут инициировать возникновение трещин. Карбиды несферической формы, полученные дроблением, как правило, гомогенно рас-

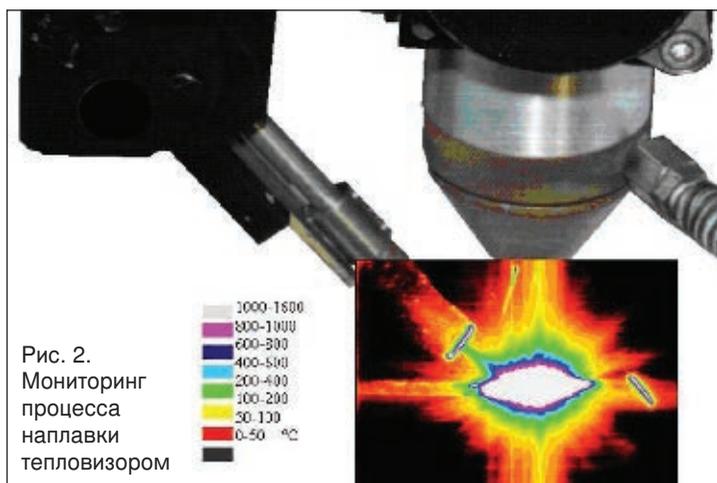


Рис. 2. Мониторинг процесса наплавки тепловизором



Рис. 3. Структура переходной области «покрытие-материал основы» при использовании наплавочного порошка NP62

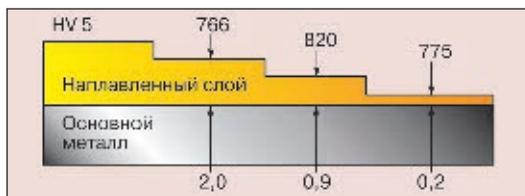


Рис. 4. Характеристика твердости (порошок NP62) на различной глубине наплавки

творяются в покрытии, но их призматическая форма и неравномерность размера могут быть неблагоприятными при определенном виде износа, когда их острые грани оплавляются и, следовательно, закругляются (рис. 5).

Частицы WC оказывают тепловое влияние при наплавке, частично растворяясь в матрице, что видно на фото, демонстрирующем область микроанализа главных элементов в покрытии с содержанием 50% WC.

Структура стеллитовых покрытий является гомогенной, без микротрещин, как при трехслойной наплавке, с твердостью, соответствующей их химическому составу. Недостатки покрытий, которые наблюдались, — это мелкие поры на уровне 0,05–0,2 мм, тонкие волосовые трещины, неплотности в

Рис. 5. Сравнение микроструктуры покрытия: со сферическими частицами WC (а); с многогранными (б)

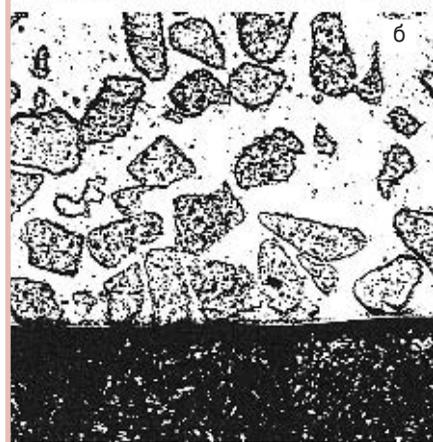
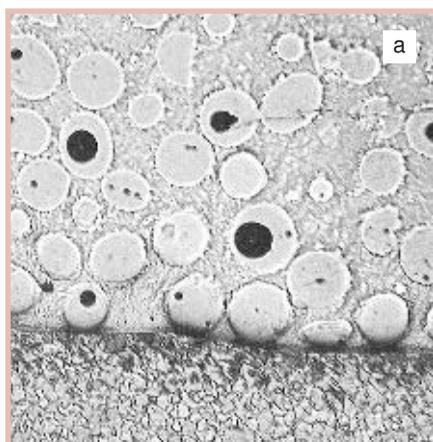
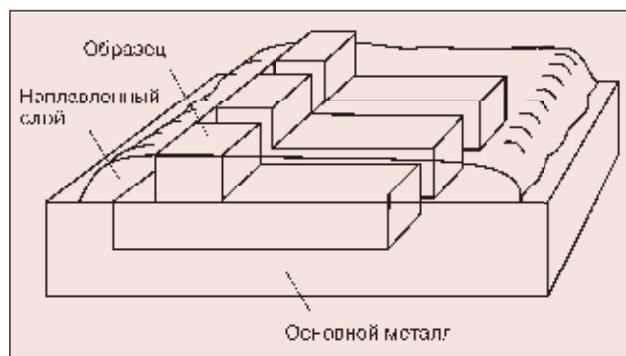


Рис. 6. Способ подготовки образцов для исследования прочности при скольжении



виде полосок и мелкие полости на границе перехода к основе.

Характеристика соединения при лазерной наплавке порошковыми материалами значительно отличается от характеристики соединений, полученных другими способами наплавки. Учитывая небольшую толщину покрытия и узкую область перехода границы наплавленного покрытия и основного материала, характеристика такого соединения приближается к характеристике соединения, полученного при пайке. Из этого факта исходили при развитии экспериментального метода измерения прочности соединения покрытия с материалом основы. Возможным методом являются измерения, осуществляемые при испытании скольжением.

Для измерения прочности в процессе скольжения использовали брусок с наплавленной пробой (рис. 6). Исследуемое покрытие испытывали нагружением с возрастающей силой в направлении продольной оси пробы так, чтобы наплавленный слой испытывал усилие на срез (рис. 7). Оценивали силу нагружения, при которой произойдет разрыв наплавленного покрытия на образце. При данных исследованиях оценивали напряжения скольжения до разрыва образца, которые рассчитывали делением измеренной силы до разрыва на величину площади разрыва. Результаты исследований прочности, проведенные в соответствии с этой методикой, приведены в табл. 2.

Эти данные свидетельствуют о том, что прочность исследуемых образцов при скольжении, т. е. сцепление покрытия и материала основы, соответствует прочности материала основы, за исключением тех образцов, для наплавки которых использовали порошки NP60 и NP60WC50. Покрытия, выполненные этими порошками, имеют более низкие значения прочности, что объясняется высокой твердостью покрытия и его низкой стойкостью к возможным микротрещинам. Полученная прочность сцепления значительно выше, чем прочность сцепления, полученная при газопламенном напылении порошками одинакового состава.

Исследование прочности образцов скольжением выполняли при следующих параметрах:

Мощность лазерного луча, кВт	3–6
Скорость движения наплавляемого образца, мм/с	3
Рабочее расстояние, мм	70
Давление защитного газа (Ar), МПа	0,1
Расход подаваемого газа (Ar), л/мин	5
Материал основы	Сталь 1137 (St37/2)

Практическое применение. Наиболее часто метод лазерной наплавки, основанный на результатах экспериментальных работ, применяют для обработки вращающихся экструдеров для подачи

каучуковой смеси и валов цилиндра для дробления стекломатериала.

На рис. 8 показаны изделия с наплавленными рабочими поверхностями. Наплавку порошков NP60+WC45 выполняли наклонным подающим устройством при мощности лазерного луча 4 кВт и скорости подачи 5 мм/с. Ширина расфокусированного луча соответствовала ширине наплавленной поверхности — 6 мм. Твердость наплавленного покрытия составила 62–64 HRC₃.

Таким образом, лазерной наплавкой с прямой подачей металлических порошков в зону наплавки можно создать тонкий, равномерный и гладкий слой покрытия на металлической основе при сохранении химического состава и твердости исходных порошков и хорошем сочетании созданного слоя с основой. Из проведенного исследования в этой области можно сделать следующие выводы:

- для наплавки можно применять порошки на основе Ni–Cr–Si–B твердостью от 36 до 65 HRC₃, а также с добавлением 25–50% WC, частицы которого могут иметь призматическую и глобулярную форму;
- при входных параметрах наплавки всех испытанных наплавочных порошков и их механических смесей достигнуто гладкое и равномерное формирование наплавленной поверхности с толщиной наплавленного слоя при однослойной наплавке до 500 мкм. Можно выполнять также многослойные наплавки;
- покрытия с оптимальными технологическими параметрами имеют прочное сцепление с основой с характером диффузионного, при этом возможно регулирование ширины переходной зоны. Существующие несплошности как в покрытии, так и в переходной области, которые бы свидетельствовали о недостаточной плотности соединения с основой, были минимальными. Структура и твердость поверхности покрытия и близлежащей зоны отвечают типу наплавленного порошка и плотности соединения покрытия с основой. Испытания на прочность при скольжении показали, что сцепляемость покрытия и основы во многих случаях находится на уровне прочности материала основы (около 380 МПа), но является несколько более высокой, чем при обычном газопламенном нанесении порошков;
- возможность практического применения такой технологии наплавки подтверждена некоторыми технологическими решениями, использованными при конкретных промышленных потребностях.

Эта работа была выполнена в рамках гранта Агентства по поддержке науки и фундаментальных исследований Словакии (Свидетельство № APVT-99-PO1205).

• #779

Таблица 2. Результаты исследований прочности при скольжении

Наплавочный порошок	Прочность при скольжении, МПа	
	Полученные данные	Среднее значение
NP62	237; 266; 230; 208	235
NP42	374; 360; 368; 354	364
NP35	376; 415; 400; 332	381
NP22	386; 400; 406; 388	395
NP62WC50	275; 212; 202	229

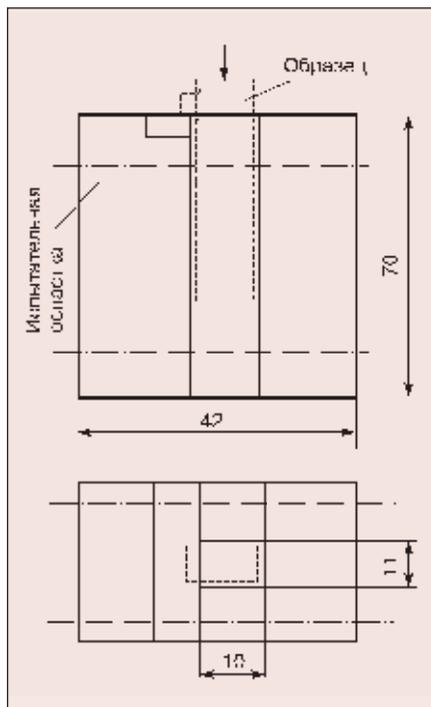


Рис. 7. Схематическое изображение исследования прочности при скольжении

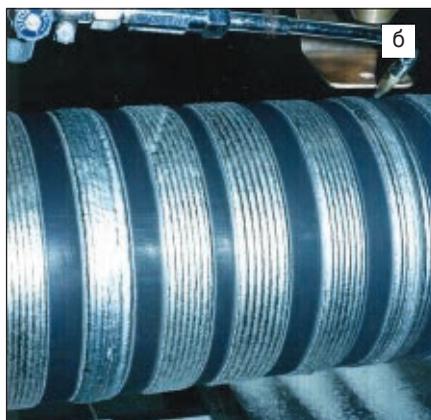
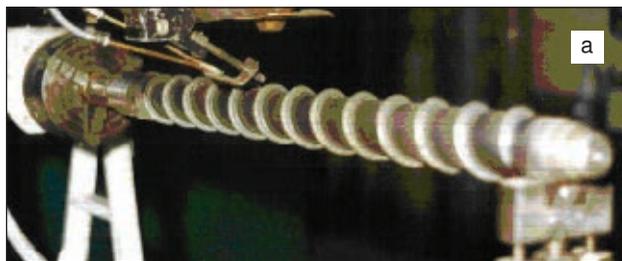
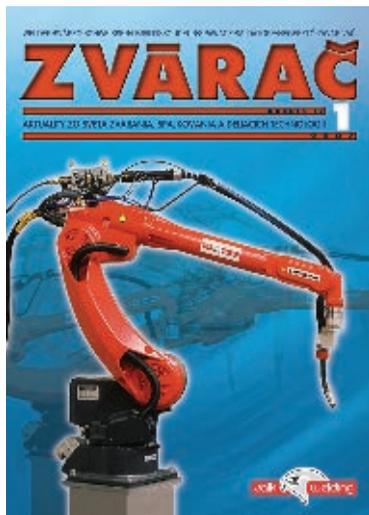


Рис. 8. Лазерная наплавка: а — экструдер; б — режущий вал

Представляем нашим читателям новую рубрику «Зарубежные коллеги». На ее страницах можно познакомиться с периодическими изданиями других стран, которые так же, как и журнал «Сварщик», посвящены сварочному делу и служат источником информации для специалистов в этой области. Первым гостем рубрики стал журнал ZVARAC — коллега из Словацкой Республики.



Журнал ZVARAC («Сварщик»)

Журнал ZVARAC издается Prva Zvaracska a.s. (Первой Сварочной Компанией), Братислава, Словацкая Республика. В настоящее время Компания успешно утвердилась на рынке периодической профессиональной печати. Журнал ZVARAC в течение трех лет стал известным периодическим изданием. Широкий спектр рассматриваемых в нем вопросов и достаточно удобная для читателей структура позволили журналу занять свою нишу на рынке профессиональной периодики в области сварочного производства.

Ежеквартальный журнал ZVARAC распространяется в Словацкой Республике. Тематика журнала охватывает специализированные научные и производственные вопросы. Круг читателей достаточно широк: профессиональные сварщики, сотрудники научно-исследовательских институтов, преподаватели университетов и др.

Первый номер ZVARAC вышел в феврале 2004 г. В последнее время журнал был дополнен рубрикой, посвященной охране труда и его безопасности. Планируются новые рубрики, в которых будут освещаться вопросы защиты окружающей среды и систем управления в промышленности.

Prva Zvaracska a.s. (Первая Сварочная Компания)

Первая Сварочная Компания специализируется на исследовании, производстве, сертификации, консультационном обслуживании в области современных технологий сварки, резки, наплавки и поверхностной обработки материалов.

Предметом изучения являются следующие сферы.

Сварочные технологии и автоматизация:

- исследование и развитие высокотехнологичных и высокопроизводительных методов сварки;
- совершенствование и поставки электронно-лучевого сварочного оборудования, исследование технологий плазменной резки, роботизированные сварочные комплексы, специализированное сварочное оборудование и вибраторы для снижения остаточных напряжений;
- предоставление услуг в области электронно-лучевой сварки, лазерной обработки материала, классических технологий дуговой сварки, плазменной резки, пайки и вибрационной обработки;
- восстановление и ремонт оборудования атомных электростанций;

- комплексные услуги для тяжелой промышленности;
- экспертный анализ.

Сертификация и стандартизация:

- аттестация персонала;
- сертификация по системам качества STN EN ISO 9001:2001 и STN EN ISO 3834:2006;
- апробация сварочных процессов — WPQR согласно STN EN ISO 15 614-1;
- авторизация субъектов — SKTC 176, организация с компетентностью третьего лица, зарегистрированная в Брюсселе.

Образование и консультационные услуги:

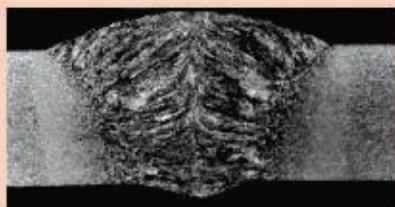
- курсы повышения квалификации, курсы по неразрушающему контролю, курсы по системе управления качеством;
- консультации по внедрению систем качества в соответствии с STN EN ISO 9001:2001 и рядом стандартов STN EN ISO 3834:2006.

Издательская деятельность:

- профессиональный журнал ZVARAC;
- специализированная литература по сварке.



Содержание №1–2007 г. журнала ZVARAC



I. Hrivnak

Строительство запасных резервуаров для нефтематериалов, требования к основному металлу, технология сварки, проблемы коррозии запасных резервуаров

Изложены общие требования к основному металлу, описаны способы сварки и контроля при строительстве малообъемных резервуаров сложной конструкции для нефтепродуктов.

стр. 3



I. Kovarikova

Изучение некоторых вторичных наплавов, стойких к абразивному износу

Технологические поверхности имеют различную степень шероховатости. При взаимодействии поверхностей при трении они становятся рельефными, образуются выступы ...

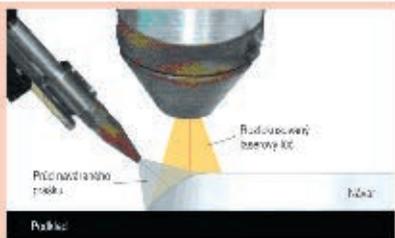
стр. 19



Сварка крышки катализатора с автоматизированным обеспечением качества СМТ

«Холодная» сварка применяется при изготовлении катализаторов выхлопных газов. Объединение Piret в г. Унна разработало и изготавливает высокоэффективное оборудование для очистки выхлопов, возникающих при эксплуатации двигателей грузовых машин.

стр. 46



F. Kolenic, M. Kosecek, D. Drimal

Создание поверхностных слоев на сером чугуна с использованием CO₂-лазера

Лазерная наплавка металлических порошков на серый чугун создает покрытия с повышенной стойкостью к абразивному изнашиванию. Разработана технология наплавки четырьмя порошками в одно- и двухслойной комбинации смешивания материала основы и затвердевающего поверхностного порошка.

стр. 9



Z. Turnova, E. Babelova

Невидимая опасность — эмиссия сварочных дымов

В настоящее время важной проблемой является чистота воздуха на рабочем месте. Наиболее опасный фактор при сварке – эмиссия дымов, которая образуется как следствие высокотемпературных и физико-химических реакций ...

стр. 25



Сварочный источник питания FastiMIG™

Kemppi FastMIG™ Synergic – один из новейших продуктов известного финского производителя профессиональных сварочных источников питания. Несмотря на то, что он еще недавно был представлен на словацком рынке, уже успел завоевать успех и признание благодаря своим характеристикам.

стр. 49



M. Kosecek, F. Kolenic, P. Blazicek, A. Vachar
Сварка вращающихся колес радиальных турбокомпрессоров электронным пучком

В данной статье описан технологический процесс сварки колес радиальных турбокомпрессоров электронным пучком с использованием различных приемов.

стр. 14



Abicor Binzel

В настоящее время предпочтение отдается роботизированным и автоматизированным сварочным комплексам, оптимизирующим производственный процесс и снижающим затраты. Исходя из этого, высококачественное серебрение HDS (Heavy Duty Silver) ...

стр. 33



R. Kolenak
Специальные методы разделки материалов

Плазменная разделка применяется в ручном, механическом и автоматизированном производствах. При плазменной резке металл под действием сжатой электрической дуги расплавляется и из зоны резки удаляется кинетической энергией плазменных газов.

стр. 64

Минимизация выделений вредных веществ при механизированной сварке в защитных газах

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)

Интенсивность эмиссии вредных веществ в воздух производственных помещений при механизированной сварке в защитных газах зависит от состава сварочной проволоки, защитного газа и режимов сварки. Регулирование этих параметров дает возможность в определенной мере снижать поступление сварочного аэрозоля (СА) в воздух рабочей зоны.

Гигиеническая характеристика сварки в защитных газах. При сварке проволокой марки Св-08Г2С интенсивность выделения СА в зависимости от параметров режима сварки и диаметра электродной проволоки колеблется от 0,2 до 1,6 г/мин, удельное выделение – от 4,6 до 20,3 г/кг проволоки. При этом, несмотря на незначительное количество марганца в сварочной проволоке (1,8–2,1%), его содержание в образующемся аэрозоле достигает 11,1–13,7%. Концентрация диоксида кремния составляет 7,6–10%, а железа – 54–85%. С увеличением содержания легирующих элементов (Mn, Si) в сварочной проволоке их концентрация в СА и уровни выделения повышаются.

При использовании проволок, микролегированных редкоземельными металлами, содержащими незначительные количества церия (0,01–0,03%) и немного пониженное количество марганца (1,5–1,8%), уровень выделения СА и количество токсичного марганца снижаются. Этому способствует не только пониженное содержание марганца в проволоке, но и возможность вести сварку постоянным током прямой полярности.

Кроме того, в аэрозоле, образующемся при сварке в защитных газах, присутствуют вредные газы, состав которых зависит от состава защитного газа. При сварке в углекислом газе в воздух рабочей зоны выделяется монооксид углерода (угарный газ) с интенсивностью 0,1–0,2 г/мин и оксиды азота – 0,003–0,015 г/мин.

Основной причиной образования монооксида углерода является диссоциация углекислого газа при высокой температуре сварочной дуги. Оксиды азота образуются в результате окисления азота воздуха при воздействии на него теплоты и излучения

сварочной дуги. Поскольку дуга горит в атмосфере защитного углекислого газа, то интенсивность образования оксидов азота весьма невелика по сравнению с интенсивностью образования монооксида углерода.

При сварке в аргоновых смесях резко усиливается интенсивность ультрафиолетового излучения сварочной дуги, являющегося причиной повышенного образования озона. Концентрация озона в начальный период сварки высокая, однако затем он реагирует с оксидом азота, образуя диоксид азота и кислород. Озон образуется не только в зоне дуги, но и на некотором расстоянии от нее, а его концентрация уменьшается пропорционально расстоянию от дуги. Это создает дополнительные проблемы, связанные с локализацией озона в объеме сварочного цеха или с необходимостью экранирования излучения дуги.

При механизированной сварке порошковой проволокой рутилового (ПП-АН8, ПП-АН10), рутил-флюоритного типов (ПП-АН9, ПП-АН18) в углекислом газе, а также самозащитной проволокой карбонатно-флюоритного типа (ПП-АН7, ПП-АН11) образуются аэрозольно-газовые смеси, содержащие, кроме марганца, кремния, железа, оксидов азота и углерода, также фтористый водород, тетрафтористый кремний, растворимые и нерастворимые фториды. Интенсивность выделения СА при сварке этими проволоками выше, чем при применении проволок сплошного сечения. Выделение фтористого водорода составляет 16,6–56,7 мг/мин, тетрафтористого кремния – 29,3–78,7 мг/мин. Таким образом, при сварке порошковой проволокой в зависимости от ее состава основными вредными веществами, поступающими в воздух рабочей зоны, являются фтористые газы, растворимые фториды и соединения марганца.

При использовании хромоникелевой сварочной и наплавочной порошковой проволоки, а также наплавочных порошковых лент в составе СА кроме фторидов могут присутствовать соединения никеля, шести-

валентного и трехвалентного хрома, которые в зависимости от их содержания могут быть определяющими токсичными компонентами аэрозоля.

При сварке активированной проволокой интенсивность образования СА на оптимальных режимах ниже, чем при использовании порошковой проволоки, и выше, чем при сварке проволокой сплошного сечения типа Св-08Г2С. Содержание марганца в СА, образующемся при сварке активированной проволокой, ниже, чем в случае применения проволоки Св-08Г2С. Однако в составе таких СА появляются легколетучие растворимые и нерастворимые соединения фтора. При увеличении диаметра проволоки интенсивность образования СА возрастает. Наиболее токсичными компонентами СА при сварке активированной проволокой являются соединения марганца и фтора.

Выбор технологических параметров режима сварки. Регулируя режим сварки (силу сварочного тока и напряжение дуги), можно изменять уровень выделений СА. Кривые зависимости интенсивности образования СА от режима сварки имеют сложный вид (рис. 1, 2). Это объясняется влиянием на процесс выделения СА мощности дуги, характера переноса электродного металла и уровня его разбрызгивания, зависящих, в свою очередь, от состава сварочной проволоки, защитного газа и от режима сварки. В области режимов сварки, в пределах которой интенсивность образования СА увеличивается при повышении силы сварочного тока, сварочный процесс сопровождается короткими замыканиями дугового промежутка каплями электродного металла, а электрические взрывы перемычек усиливают интенсивность выброса паров за пределы дуги. Аналогичным изменениям уровня выделения СА способствует увеличение длины дуги и соответственно времени переноса и испарения капель металла.

При переходе к капельному или струйному переносу без замыкания дугового промежутка, а также по мере погружения дуги в ванну, что вызывает дальнейшее увеличение силы сварочного тока, интенсивность образования СА начинает снижаться и достигает минимума при полном погружении дуги.

Таким образом, при сварке в защитных газах проволокой сплошного сечения в пределах технологически допустимых режимов сварки существует область пониженного выделения СА. При сварке в CO_2 стали СтЗсп проволокой Св-08Г2С диаметром

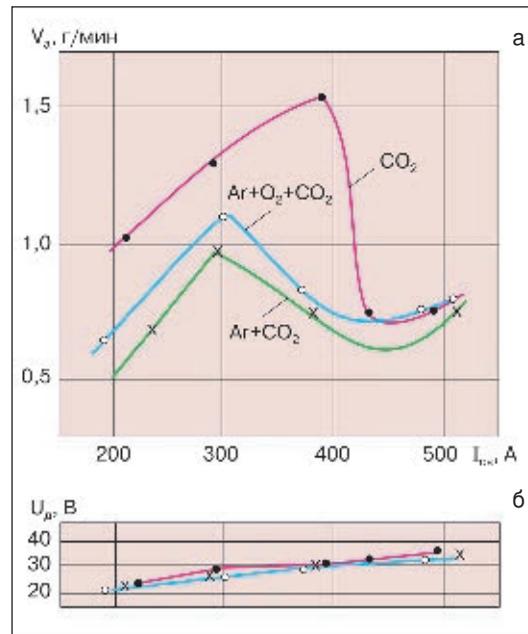


Рис. 1. Зависимость интенсивности образования СА от силы сварочного тока $I_{св}$ (а) и вольт-амперные характеристики дуги (б) (проволока Св-08Г2С диаметром 2 мм)

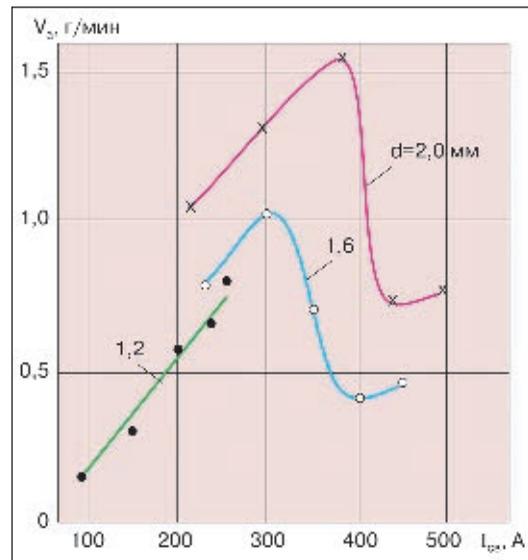
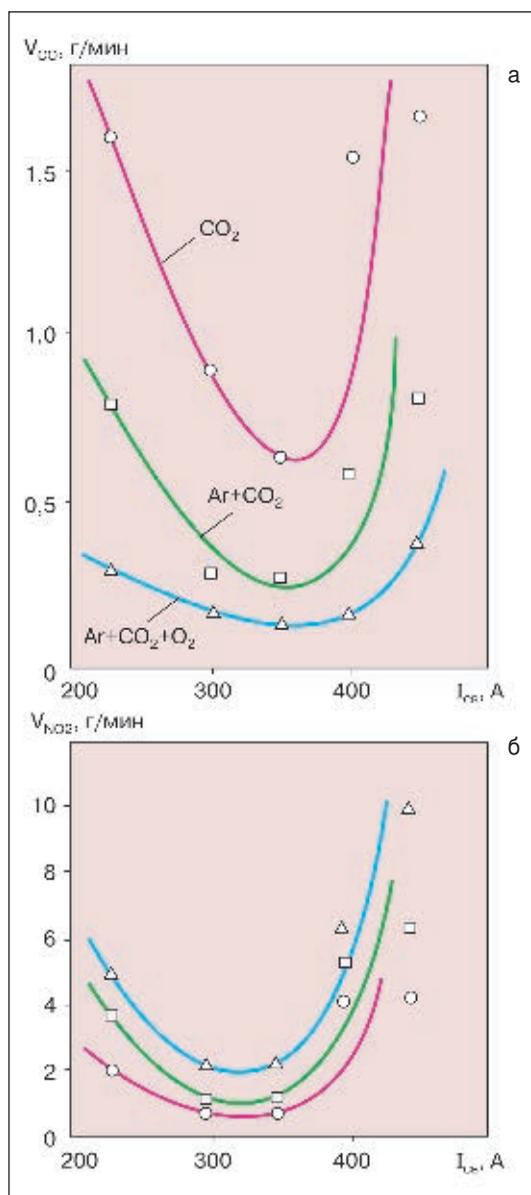


Рис. 2. Зависимость интенсивности образования СА при сварке в CO_2 от силы тока при сварке проволокой Св-08Г2С различного диаметра d

2 мм (ток постоянный обратной полярности) в интервале 400–430 А интенсивность образования СА снижается с 1,50 до 0,75 г/мин (см. рис. 1), а удельные выделения — с 14,00 до 4,50 г/кг. Повышение силы сварочного тока с обычно применяемого режима (400 А) до рекомендуемого с гигиенических позиций (430 А) позволяет при сохранении производительности процесса снизить удельные выделения СА более чем в три раза и соответственно уменьшить требуемые объемы вентиляции. Участок резкого снижения интенсивности выделения СА соответствует резкому погружению дуги в основной металл и отмечается при определенных значениях мощности дуги (в данном случае 12,3 кВт), что определяется, прежде всего, диаметром сварочной проволоки.

Рис. 3. Зависимость интенсивности образования монооксида углерода VCO (а) и диоксида азота VNO₂ (б) от силы тока при сварке проволокой Св-08Г2С диаметром 1,6 мм в защитных газах



Область значений силы тока, отличающихся минимальными выделениями СА (0,7–0,8 г/мин), при сварке в аргоновых смесях находится в пределах 370–500 А, при сварке в углекислом газе — в пределах 420–500 А, т. е. в первом случае минимальные выделения СА наблюдаются при более низких значениях силы сварочного тока. Поэтому, применяя аргоновые смеси, можно расширить технологически допустимый диапазон режимов сварки и снизить выделение аэрозоля.

Исследования зависимостей интенсивности выделения СА от режима сварки и диаметра сварочной проволоки (см. рис. 2) показывают, что при использовании проволоки меньшего диаметра (1,6 мм) на обычных режимах по сравнению со сваркой проволокой диаметром 2,0 мм интенсивность

образования СА снижается примерно в 2 раза, удельные выделения — в 2,5 раза. При этом максимум и минимум интенсивности выделений (см. рис. 2) отмечаются при более низких значениях силы сварочного тока, что объясняется влиянием на выделение аэрозоля изменений характера переноса электродного металла. При использовании проволоки меньшего диаметра эти изменения характера переноса металла и область режимов, обеспечивающих минимальное выделение аэрозоля, начинаются при более низких значениях силы сварочного тока, что позволяет существенно снизить уровень вредных выделений как за счет выбора соответствующего режима сварки, так и за счет применения проволоки меньшего диаметра (см. рис. 2).

Выбор состава защитного газа. При механизированной сварке в защитных газах уровень образования СА и его химический состав в значительной мере зависят от окислительной способности защитного газа. Активный газ CO₂, выполняя защитные функции для металла шва, в то же время является окислителем и способствует образованию СА в результате испарения и окисления электродного и основного металлов. Поэтому сварку в CO₂ характеризует относительно высокий уровень выделения СА, а также вредных газообразных компонентов CO, NO, NO₂. Введение в состав защитной смеси инертного газа (Ar) ослабляет ее окислительную способность и тем самым снижает уровень выделения СА, поскольку при этом его образование происходит только за счет испарения металла. Кроме того, уменьшение образования СА объясняется изменением характера переноса электродного металла (при сварке в аргоновых смесях он становится струйным) и снижением уровня его разбрызгивания. Так, при использовании в качестве защитного газа смеси углекислого газа (30%) с аргоном (70%) вместо углекислого газа интенсивность образования СА при сварке на оптимальных режимах снижается более чем в 2 раза (см. рис. 1), удельное выделение СА — в 2,5 раза. При использовании защитного газа, содержащего 25% углекислого газа, 70% аргона и 5% кислорода, повышающего окислительную способность защитной среды, по сравнению с защитным газом (30% углекислого газа и 70% аргона) уровень выделения СА несколько повышается (см. рис. 1).

Кривые зависимости интенсивности образования вредных газов (монооксида угле-

рода и оксидов азота) от силы сварочного тока имеют параболический вид (рис. 3). Минимальная интенсивность образования газов отмечается при сварке погруженной дугой.

Рекомендации по минимизации выделений СА. Таким образом, минимизировать выделения вредных веществ при механизированной сварке в защитных газах можно с учетом следующих закономерностей образования СА:

1. Химический состав аэрозоля, образующегося при сварке в защитных газах, определяется в основном составами сварочной проволоки и защитного газа.

2. Интенсивность образования СА зависит от мощности сварочной дуги, а также от характера переноса электродного металла и степени его разбрызгивания, на которую влияет характер переноса электродного металла. Последний, в свою очередь, определяется режимом сварки, составами сварочной проволоки и защитного газа.

3. При сварке на режимах с короткими замыканиями дугового промежутка образованию и выделению СА в окружающую атмосферу способствуют, во-первых, резкое повышение давления в зоне дуги в результате взрыва перемычки электродного металла, являющегося причиной разбрызгивания, во-вторых, дополнительное испарение из брызг

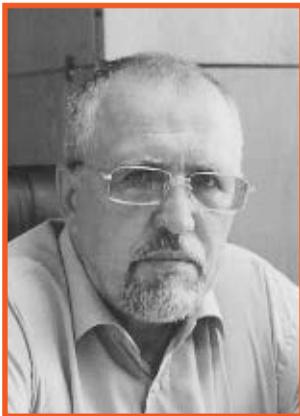
этого металла. Уровень разбрызгивания электродного металла определяется составом сварочной проволоки, окислительной способностью защитного газа и режимом сварки.

4. Повышение окислительной способности защитного газа увеличивает уровень образования СА. Поэтому введение в состав защитной атмосферы инертного газа (например, аргона) снижает уровень выделения СА.

5. Увеличение интенсивности образования СА с повышением силы сварочного тока и напряжения дуги наблюдается при переносе металла с короткими замыканиями. С переходом к капельному переносу без замыканий дугового промежутка или к струйному переносу интенсивность образования СА начинает снижаться и достигает минимума при погружении дуги в сварочную ванну.

6. Для каждого диаметра сварочной проволоки существуют определенные значения силы сварочных токов, при которых выделяется максимальное количество СА, и область силы тока, обеспечивающая минимальную интенсивность образования аэрозоля.

7. При выборе технологии сварки необходимо учитывать систему «состав–режим сварки», поскольку для каждой марки сварочной проволоки существуют свои значения силы сварочного тока, обеспечивающие минимальное выделение аэрозоля. ● #780



Поздравляем с юбилеем!

*В этом году отметил свой юбилей кандидат технических наук, доцент филиала кафедры технологий конструкционных материалов и материаловедения Одесского национального политехнического университета, директор научно-производственного центра «Сварка и восстановление деталей» Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института морского флота Украины **Владимир Иванович Дегтярь**.*

В. И. Дегтярь родился 1 марта 1947 г. в с. Каневщина Прилукского р-на Черниговской области. В 1975 г. он окончил Московское высшее техническое училище им. И. Э. Баумана, получил квалификацию «инженер-механик». С 1975 по 1986 г. он работал в НИИ материаловедения аэрокосмической отрасли СССР. Прошел путь от инженера до заведующего сектором жаропрочных композиционных материалов. С 1986 г. занимается проблемой продления ресурса работы машин и механизмов, в первую очередь судовых энергетических установок.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Технология жаропрочных коррозионных материалов» В. И. Дегтярь защитил в 1986 г. в Институте сталей и сплавов (г. Москва); научный руководитель — ректор Московского авиационно-технологического института, академик Борис Сергеевич Митин.

Имеет 23 авторских свидетельства на изобретения, из которых 11 внедрено при разработке объектов космической техники, 2 используют в судоремонте. Автор 45 статей по тематике работы. Награжден бронзовой и серебряной медалями ВДНХ СССР. Почетный работник морского и речного транспорта Украины.

Владимир Иванович Дегтярь — член президиума Общества сварщиков Украины, председатель Одесского областного отделения Общества сварщиков Украины.

От всего сердца поздравляем Владимира Ивановича с 60-летием и желаем крепкого здоровья, счастья и больших трудовых успехов.

Совет Общества сварщиков Украины, редколлегия, редакционный совет и редакция журнала «Сварщик»

Международная система сертификации «ПатонСерт»

Л. М. Лобанов, академик НАН Украины, председатель Исполнительного комитета уполномоченного национального органа по сертификации сварочного производства (УНОСП) «ПатонСерт»,
Н. П. Проценко, менеджер схемы Европейской сварочной федерации (EWF) «ПатонСерт» (Киев)

Сварка является неотъемлемым процессом изготовления большой номенклатуры изделий и занимает на многих предприятиях ключевые позиции, оказывая решающее влияние на конкурентоспособность и качество продукции.

Процессы сварочного производства по своей специфике относятся к «специальным процессам», так как соответствие сварных конструкций техническим характеристикам не всегда может быть подтверждено испытаниями. Гарантия соответствия обеспечивается путем контроля производственного процесса.

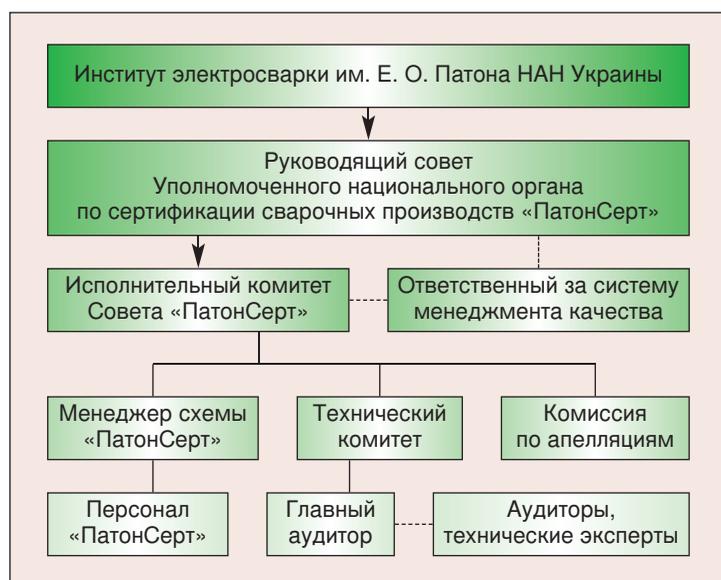
Для обеспечения качества сварных конструкций должны быть созданы условия для выявления несоответствий на всех этапах технологического процесса и соблюдения необходимых процедур их контроля. Например, плохое конструирование может вызвать серьезные затруднения при изготовлении и монтаже сварных конструкций. Ошибочный выбор основных и расходных материалов может привести к образованию дефектов в сварных соединениях, например, трещин и пор. Качество изделия может быть достигнуто только при изготовлении, задача испытаний — контроль качества.

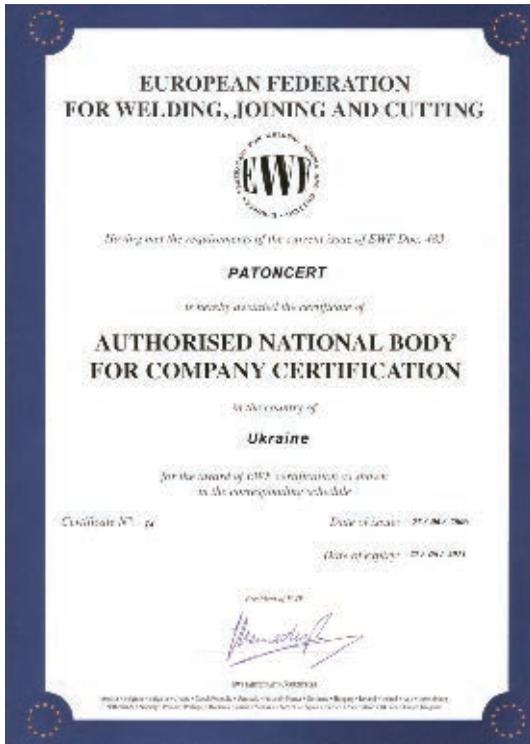
При заключении контракта на изготовление ответственных металлоконструкций заказчик требует от производителя подтвердить технические возможности его сварочного производства, что должно гарантировать качество продукции.

Основным инструментом обеспечения качества в сварочном производстве является выполнение требований стандарта ISO 3834:2005. Сертификат соответствия по ISO 3834:2005 является для потребителя гарантией того, что в сварочном производстве производителя соблюдаются процедуры, обеспечивающие:

- анализ проектов и контрактов (ISO 3834, п. 5);
- порядок сотрудничества с субподрядчиками (ISO 3834, п. 6);
- подготовку квалифицированного персонала для контроля и испытания (ISO 3834, п. 7; ISO 9712);
- подготовку квалифицированных сварщиков, операторов (ISO 3834, п. 8; ISO 9606, EN 287, ISO 14732, ISO 15618);
- подготовку квалифицированных координаторов сварочных работ (ISO 3834, п. 8; ISO 14731);
- порядок обслуживания основного и вспомогательного оборудования (ISO 3834, п. 9);
- планирование сварочного производства (ISO 3834, п. 10.1);
- разработку необходимых инструкций по сварке и термообработке (ISO 3834, п. 10.2, п. 13; ISO 15609-1, ISO 15609-2, ISO 15609-3, ISO 15609-4, ISO 15609-5);
- подтверждение соответствия технологических процессов (ISO 3834, п. 10.3; ISO 15607, ISO 15610, ISO 15611, ISO 15612, ISO 15613, ISO 15614-1-13);
- разработку рабочих инструкций (ISO 3834, п. 10.4);
- порядок разработки и контроля документации (ISO 3834, п. 10.5);
- порядок закупок, хранения и выдачи в производство основных, сварочных и

Рисунок. Организационная структура Уполномоченного национального органа «ПатонСерт»





- вспомогательных материалов (ISO 3834, п. 11, п. 12; ISO 544, ISO 15608, EN 10204);
 - порядок контроля и испытаний перед сваркой, во время и после сварки, статус контроля и испытаний (ISO 3834, п. 14; ISO 5817, ISO 13916, ISO 17635, ISO 17636, ISO 17637, ISO 17638; ISO 17639, ISO 17640);
 - порядок управления несоответствующими работами, продукцией и корректирующими действиями после выявления несоответствий (ISO 3834, п. 15);
 - порядок калибровки средств измерительной техники (ISO 3834, п. 16; ISO 17662);
 - порядок идентификации и прослеживания сварочно-технической деятельности (ISO 3834, п. 17);
 - порядок оформления результатов контроля проектов, контрактов, основных и сварочных материалов, инструкций по сварке и термообработке, технического обслуживания оборудования, подтверждения технологических процессов, квалификации сварщиков и операторов, квалификации координаторов и специалистов контроля сварочных работ, контроля и испытаний, устранения несоответствий и повторных испытаний (ISO 3834, п. 18).
- Для подтверждения соответствия сварочных производств требованиям ISO 3834. Международным институтом сварки (МИС) и Европейской сварочной федерацией (ЕСФ) в рамках совместной програм-

мы по обеспечению качества сварки создана гармонизированная система квалификации персонала и сертификации производств сварных конструкций, которая получила международное признание.

Разработаны процедуры сертификации сварочных производств и аккредитации органов по сертификации для выполнения таких работ. В соответствии с системой аккредитации ЕСФ такие полномочия в каждой стране может получить, пройдя соответствующую процедуру, только один Уполномоченный национальный орган по сертификации сварочных производств (УНОСП). На начало 2006 г. тринадцать стран Европейского Союза имели свои УНОСП.

ИЭС им. Е. О. Патона провел комплекс работ для создания Уполномоченного национального органа «ПатонСерт» по сертификации сварочного производства. Был подготовлен комплект документов в соответствии с нормами ЕСФ, регламентирующими деятельность УНОСП, и определена его организационная структура (рисунок).

Согласно требованиям ЕСФ, координацию и контроль деятельности УНОСП осуществляет Руководящий совет. В сферу полномочий Руководящего совета входит наблюдение за эффективностью работы УНОСП при аттестации аудиторов и технических экспертов, проведение оценки и сертификации сварочного производства, регистрации и выдачи сертификатов, подготовка документов



по менеджменту качества УНОСП, рассмотрение апелляций, подготовка годового отчета для предъявления в секретариат ЕСФ.

В состав Руководящего совета «ПатонСерт» вошли высококвалифицированные специалисты сварочного производства, научных и учебных заведений. Председателем Руководящего совета избран академик Б. Е. Патон, директор ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

В июне 2006 г. «ПатонСерт» успешно прошел аккредитацию в ЕСФ как Уполномоченный национальный орган по сертификации сварочного производства и получил соответствующий сертификат.

Одним из первых в Украине подал заявку на сертификацию сварочного производства

в соответствии с требованиями ISO 3834 ООО «Атлас Ворд Билдинг Системс Украина» (Житомир). Основание для подачи заявки — необходимость расширения номенклатуры производимых сварных конструкций, требования заказчиков подтвердить технические возможности сварочного производства.

Специалистами «ПатонСерт» был проведен сертификационный аудит производства сварных конструкций на этом предприятии. По результатам аудита принято решение о выдаче первого в Украине международного сертификата, подтверждающего, что производство сварных стальных конструкций на ООО «Атлас Ворд Билдинг Системс Украина» соответствует требованиям ISO 3834-2:2005 «Требования к качеству сварки плавлением металлических материалов — Часть 2: Всеобщие требования к качеству».

Сертификат предприятию в торжественной обстановке вручил директор ИЭС им. Е. О. Патона, председатель Руководящего совета Уполномоченного национального органа по сертификации сварочных производств «ПатонСерт» академик Б. Е. Патон.

В соответствии со схемой сертификации ЕСФ предприятия, получившие сертификат «ПатонСерт», включаются в международный реестр надежных партнеров по производству сварных конструкций, который размещен на интернет-странице ЕСФ (<http://www.ewf.be/asp/>). ● #781

Вниманию специалистов!

СИ «Сварка и родственные технологии»

- **Сигнальная информация (СИ) «Сварка и родственные технологии»** содержит оперативную информацию на языке оригинала и в русском переводе оглавлений научно-технических журналов, монографий, сборников, трудов конференций, названий переводов статей, перечней документов Международного института сварки и других отечественных и зарубежных информационных материалов из более чем 100 периодических изданий 52 стран мира.
- **Сигнальная информация (СИ) «Сварка и родственные технологии»** издается научно-технической библиотекой Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины с 1995 г. Периодичность — 6 номеров в год. С 2005 г. СИ выпускается и рассылается в электронном варианте.
- **Сигнальная информация (СИ) «Сварка и родственные технологии»** предназначена для научных работников и инженеров, профессорско-преподавательского состава, аспирантов и специалистов сварочного производства.
- Местом хранения оригиналов всех изданий, представленных в выпусках **Сигнальной информации**, является научно-техническая библиотека Института электросварки. С материалами можно ознакомиться в читальном зале библиотеки или заказать ксерокопии отдельных статей, переводов, документов и т. п.
- Для заказа определенного документа достаточно указать только регистрационный номер материала, который находится в конце каждого описания. Например: СИ.06.01.10.

По вопросам подписки и условиям выполнения заказов обращаться по адресу:

03680, ГСП, Киев-150, ул. Боженко, 11. ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины. Научно-техническая библиотека.

Факс: (+380 44) 528-04-86; справки по телефону: 287-07-77. E-mail: library@paton.kiev.ua