



УКРНІХРОМ



Sandvik Materials Technology (Швеция)
Ведущий производитель сварочных материалов

Продукция: ER 307 (CB 08X20H9Г7Т), ER 308 (CB 04X19H9), ER 308 LSI (CB 01X19H9), ER 309 (CB 07X25H13), ER 316 (CB 04X19H11M3), ER 347 (CB 07X19H10Б) и др.



ThyssenKrupp VDM

ThyssenKrupp VDM (Германия)
Мировой лидер в производстве
высоколегированных сталей и сплавов

Продукция: Nicrofer 6020 сплав 625, Nicrofer B616 (CB 06X15H60M15), Nicrofer K7017 (03Л-25Б) (CB 06X15H60M15) Nicorros 400 (монель НМЖМц28-2,5-1,5), Cronix 80E (X20H80-H) и др.



Lincoln Electric (США)
Ведущий производитель сварочных
аппаратов и сварочных материалов

Продукция: LincolnCV-420, V145-S,
Powertec-350C PRO, Powertec-500S PRO,
Lincoln V270-TP, Lincoln STT-II и др.

e-mail: sale@ukrnichrom.com

www.ukrnichrom.com.ua

49006, г. Днепропетровск, пр. Пушкина, 40-6

Днепропетровск: (0 562)33-74-35, (0 56) 372-70-25; Донецк: (0 62) 348-36-68; Киев: (0 44) 501-44-53; Харьков: (0 93) 359-30-59



ЕКОТЕХНОЛОГІЯ

Київ 03150 вул. Горького, 62

sales@et.ua, equip@et.ua

www.et.ua

т./ф. +380 44 200 8056 (багатокан.), 248 73 36, 287 27 16, 287 26 17, 289 21 81



Більш ніж 1000 найменувань
промислових товарів
кращих вітчизняних та іноземних виробників

ВСЕ КРАЩЕ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ





3 (79) 2011

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




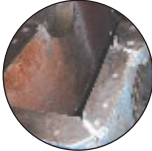


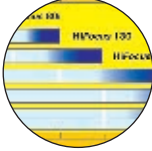


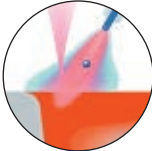





Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

информационно-технический журнал
Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

3-2011

СОДЕРЖАНИЕ

	Новости техники и технологий	4	
	Производственный опыт		
	Восстановление работоспособности уникальных толстостенных деталей из чугуна оборудования метрополитена. <i>Ю.В. Демченко, А.М.Денисенко</i>	6	
	Наши консультации	10	
	Технологии и оборудование		
	Тенденции развития технологий сварочного производства. <i>Г.И.Лашенко</i>	14	
	Локальное упрочнение металлических поверхностей дуговым разрядом конденсаторов. <i>Д.М. Калеко</i>	19	
	Установка Plazer 80-PL для плазменного напыления. <i>С.В. Петров, В.Н. Коржик</i>	22	
	Особенности локального индукционного нагрева труб с толщиной стенки 30 мм. <i>Е.А. Пантелеймонов, А.С. Письменный</i>	26	
	Электрододержатель. <i>И.В. Поминчук</i>	29	
	Установка для автоматической дуговой сварки шаровых кранов	30	
	Гибридная лазерная сварка в судостроении. <i>Герберт Штауфер</i>	32	
	Зарубежные коллеги	37	
	Охрана труда		
	Іонізація повітря під час зварювання. <i>О. Г. Левченко</i>	38	
	Подготовка кадров		
	Международные конкурсы молодых сварщиков в Чехии. <i>А. А. Кайдалов</i>	42	
	Страницы истории		
	Судьба Н.Н. Бенардоса и тайна создания первого способа дуговой сварки. <i>А.Н.Корниенко</i>	44	

Новини техніки й технологій	4
Виробничий досвід	
• Відновлення працездатності унікальних товстостінних деталей із чавуну встаткування метрополітену. <i>Ю.В. Демченко, А.М.Денисенко</i>	6
Наші консультації	10
Технології й устаткування	
• Тенденції розвитку технологій зварювального виробництва. <i>Г.І.Лашченко</i>	14
• Локальне зміцнення металевих поверхонь дуговим розрядом конденсаторів. <i>Д.М.Калеко</i>	19
• Установка Plazer 80-PL для плазмового напилювання. <i>С.В. Петров, В.М. Коржик</i>	22
• Особливості локального індукційного нагрівання труб з товщиною стінки 30 мм. <i>Є.А. Пантелеймонов, О.С. Письменний</i>	26
• Електродотримач. <i>І.В.Поминчук</i>	29
• Установка для автоматичного дугового зварювання кульових кранів	30
• Гібридне лазерне зварювання в суднобудуванні. <i>Г. Штауфер</i>	32
Закордонні колеги	37
Охорона праці	
• Іонізація повітря під час зварювання. <i>О. Г. Левченко</i>	38
Підготовка кадрів	
• Міжнародні конкурси молодих зварників у Чехії. <i>А.А. Кайдалов</i>	42
Сторінки історії	
• Доля М.М. Бенардоса й таємниця створення першого способу дугового зварювання. <i>О.М.Корнієнко</i>	44
CONTENT	
News of technique and technologies	4
Production experience	
• Restoration of serviceability of unique thick wall details from pig-iron of the equipment of metro. <i>Yu. V. Demchenko, A.M.Denisenko</i>	6
Our consultations	10
Technologies and equipment	
• The tendencies of development of technologies of welding production. <i>G.I.Lashchenko</i>	14
• Local hardening of metal surfaces by the arc discharge of condensers. <i>D.M.Kaleko</i>	19
• Installation Plazer 80-PL for plasma coating. <i>S.V.Petrov, V.N.Korzhih</i>	22
• Features of local induction heating of pipes with thickness of a wall of 30 mm. <i>E.A.Panteleymonov, A.S.Pismenniy</i>	26
• Electrode holder. <i>I.V.Pominchuk</i>	29
• Installation for automatic arc welding of spherical cranes	30
• Hybrid laser welding in shipbuilding. <i>Herbert Stauer</i>	32
The foreign colleagues	37
Labour protection	
• Ionization of air during welding. <i>O.G.Levchenko</i>	38
Training of personnel	
• The international competitions of the young welders in Czechia. <i>A.A. Kaydalov</i>	42
Pages of a history	
• N.N.Benardos destiny and secret of creation of the first way of arc welding. <i>A.N.Kornienko</i>	44

Свидетельство о регистрации №13094-1978 Пр от 27.08.07

Учредители Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Общество с ограниченной ответственностью «Экотехнология»

Издатель ООО «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, В. Г. Абрамишвили

Редакционная коллегия В. В. Андреев, В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, 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 Г. В. Абрамишвили

Верстка Т. Д. Пашигорова

Адрес редакции 03150 Киев, ул. Горького, 66

Телефон +380 44 528 3523, 200 5361

Тел./факс +380 44 287 6502, 287 6602

E-mail welder@welder.kiev.ua, welder.kiev@gmail.com

URL http://www.welder.kiev.ua/

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

Представительство в России Москва, ООО «Центр трансфера технологий» ИЭС им. Е. О. Патона
В. В. Сипко
+7 499 922 6986
e-mail: ctt94@mail.ru
www.welder.msk.ru

Представительство в Латвии Рига, Ирина Бойко
+371 2 603 7158, 6 708 9701 (ф.)
e-mail: irinaboyko@inbox.lv

Представительство в Литве Вильнюс, Вячеслав Арончик
+370 6 999 9844
e-mail: info@amatu.lt

Представительство в Болгарии София, Стоян Томанов
+359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)
e-mail: evertood@mail.bg
ООД «Еверт-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 10.06.2011. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 923 от 10.06.2011. Тираж 3000 экз. Печать: ООО «Полиграфический центр «Принт 24», 2011. Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© ООО «Экотехнология», 2011

Технология восстановления работоспособности уникальных толстостенных деталей из чугуна оборудования метрополитена



Ю.В. Демченко, А.М. Денисенко

Описана технология ремонта, основанная на применении холодной механизированной сварки чугуна открытой дугой. Приведены примеры использования технологии при ремонте различных деталей оборудования Киевского и Московского метрополитена.

Тенденции развития технологий сварочного производства

Г.И. Лашенко

Рассмотрены вопросы потребления основных конструкционных материалов и использование новых технологий в заготовительном производстве для изготовления высокоточных деталей и элементов. Описано оборудование различных фирм для лазерной и плазменной резки.

Локальное упрочнение металлических поверхностей дугowym разрядом конденсаторов

Д.М. Калеко

Рассмотрен способ импульсного дугowego нагрева деталей для упрочнения поверхности. Рассмотрено оборудование, режимы работы. Исследованы микроструктура обработанных участков поверхности детали, их микротвердость.

Установка Plazer 80-PL для плазменного напыления

С.В. Петров, В.Н. Коржик

Описана установка Plazer 80-PL, предназначенная для механизированного напыления одно- и двухкомпонентных защитных покрытий из порошковых керамических и металлических материалов на металлические и неметаллические поверхности. Приведены технические характеристики установки и состав оборудования.

Особенности локального индукционного нагрева труб с толщиной стенки 30 мм

Е. А. Пантелеймонов, А. С. Письменный

Приведены результаты исследования процесса локального нагрева трубы диаметром 630x30 мм из низкоуглеродистой стали токами частотой 2,4 кГц. Описано оборудование и температурные режимы. Даны зависимости распределения температуры в различных точках поверхности трубы.

Ионизация воздуха при сварке

О. Г. Левченко

Статья посвящена проблеме ионизации воздуха зоны дыхания сварщика. Приведены концентрации ионов в зоне дыхания, нормативные величины ионизации воздушной среды в производственных помещениях. Рассмотрены средства нормализации ионного состава воздуха.

Технологія відновлення працездатності унікальних товстостінних деталей із чавуну встаткування метрополітену



Ю.В. Демченко, А.М. Денисенко

Описано технологію ремонту, засновану на застосуванні холодної механізованого зварювання чавуну відкритою дугою. Наведено приклади використання технології при ремонті різних деталей устаткування Київського й Московського метрополітену.

Тенденції розвитку технологій зварювального виробництва

Г.І. Лашенко

Розглянуто питання споживання основних конструкційних матеріалів і використання нових технологій у заготівельному виробництві для виготовлення високоточних деталей і елементів. Описано встаткування різних фірм для лазерного й плазмового різання.

Локальне зміцнення металевих поверхонь дугowym розрядом конденсаторів

Д.М. Калеко

Розглянуто спосіб імпульсного дугowego нагрівання деталей для зміцнення поверхні. Розглянуто встаткування, режими роботи. Досліджено микроструктуру оброблених ділянок поверхні деталі, їхню микротвердість.

Установка Plazer 80-PL для плазмового напилювання

С.В. Петров, В.М. Коржик

Описано установку Plazer 80-PL, призначену для механізованого напилювання одно- і двокомпонентних захисних покриттів з порошкових керамічних і металевих матеріалів на металеві й неметалічні поверхні. Наведено технічні характеристики установки й склад устаткування.

Особливості локального індукційного нагрівання труб з товщиною стінки 30 мм

Є. А. Пантелеймонов, О. С. Письменный

Наведено результати дослідження процесу локального нагрівання труби діаметром 630x30 мм з низьковуглецевої сталі струмами частотою 2,4 кГц. Описано встаткування й температурні режими. Дано залежності розподілу температури в різних точках поверхні труби.

Іонізація повітря під час зварювання

О. Г. Левченко

Стаття присвячена проблемі іонізації повітря зони дихання зварника. Наведено концентрації іонів у зоні дихання, нормативні величини іонізації повітряного середовища у виробничих приміщеннях. Розглянуто засоби нормалізації іонного складу повітря.

ВНИМАНИЕ!

Продолжается **ПОДПИСКА-2011**
на журналы «Сварщик»
и «Все для сварки. Торговый Ряд».

Подписные индексы: «Сварщик» – 22405; «Все для сварки. Торговый Ряд» – 94640 в каталоге «Укрпошта».

Блоки управления РА-в5.1, РА-в5.2, РА-в5.3 сварочными полуавтоматами

Микроконтроллерный блок управления РА-в5.1 (рис. 1) предназначен для комплектации установок для механизированной

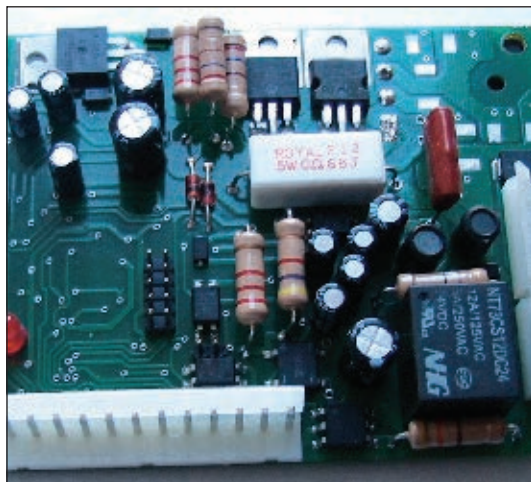


Рис. 1. Блок РА-в5.1 (102×78,7 мм)

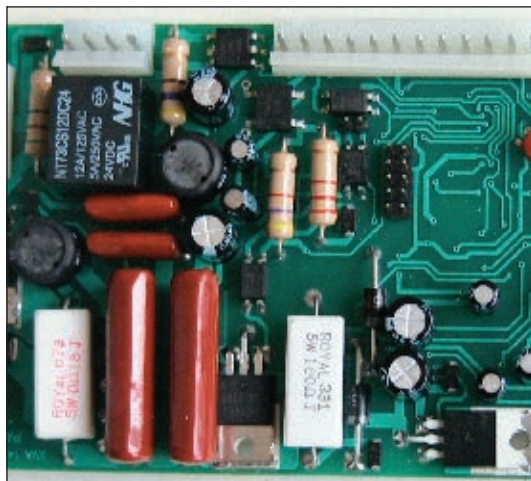


Рис. 2. Блок РА-в5.3 (111,5×78,7 мм)

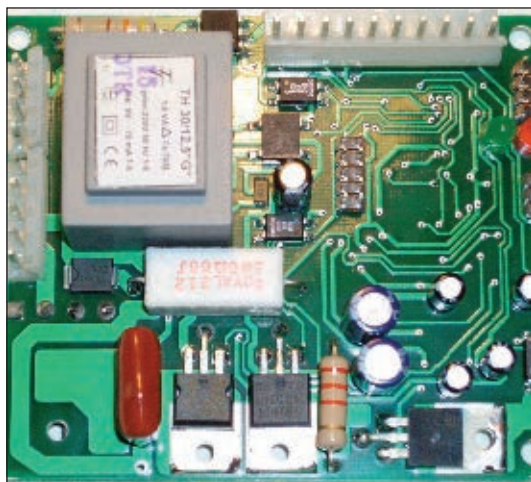


Рис. 3. Блок РА-в5.2 (93,8×78,7 мм)

сварки в среде CO_2 и в смеси газов. Мощность двигателя подающего механизма до 60 Вт, напряжение питания 12–24 В при ПН=60% в номинальном режиме. Блок обеспечивает компенсацию напряжения питания в процессе работы установки при колебаниях напряжения сети. При необходимости блок можно доукомплектовывать совместимым устройством коммутации по первичной цепи трехфазного трансформатора сварочного выпрямителя, исключая переходные процессы. Двигатель, клапан подачи газа и сам блок питаются от отдельного трансформатора 220 В/14...36 В.

Модификация этого блока РА-в5.3 (рис. 2) отличается мощностью двигателя подающего механизма — до 160 Вт при ПН=100%.

Блок РА-в5.2 (рис. 3) служит для управления установкой для механизированной сварки в среде CO_2 , он несколько упрощен по сравнению с блоком РА-в5.1. Его особенность — питание двигателя подающего механизма и клапана отсечки газа от отдельной обмотки, намотанной дополнительно на магнитопроводе силового трансформатора источника питания дуги, или непосредственно от его силовой вторичной обмотки. Питающее напряжение в пределах 10–33 В.

Во всех блоках управления источник питания подключается к сети бесконтактным способом при помощи симистора или двух тиристоров, синхронно с определенной фазой питающей сети. Это позволяет подключить к питающей сети силовой трансформатор без переходных процессов, сопровождаемых экстратоками первичной обмотки, характерными для коммутации магнитными пускателями (в блоках РА-в5.1, РА-в5.3 предусмотрено традиционное контактное подключение источника при помощи реле).

Платы закреплены тремя пластмассовыми шестимиллиметровыми стойками и одним винтом, который прижимает мощный диодный мост на каркасе полуавтомата.

Указанные блоки можно применять в автономных установках для механизированной сварки, а подающие устройства — в универсальных сварочных выпрямителях и других источниках питания.

Образцы установок с блоками управления РА-в5.1, РА-в5.2, РА-в5.3 демонстрировались на различных выставках, в том числе и на ежегодной всемирной выставке сварочного оборудования в Эссене, Германия.

● #1137

Институт электросварки им. Е.О.Патона
НАН Украины

Система автоматизированного ультразвукового контроля продольных сварных швов труб среднего и большого диаметров

«Унискан-ЛуЧ ПШ-10» — система автоматизированного ультразвукового контроля продольных сварных швов одно- и двухшовных труб диаметром от 406 до 1422 мм с толщиной стенки 6,3–48 мм построена на базе многоканального ультразвукового дефектоскопа «Унискан-ЛуЧ». С помощью этой системы выполняют ультразвуковой контроль продольных сварных швов труб на наличие внутренних дефектов: шлаковых включений, пор, поперечно и продольно ориентированных трещин по всей длине сварного шва.

Система обеспечивает измерение глубины залегания и продольных координат выявленных дефектов, оценку условной протяженности выявленных дефектов в сварном шве трубы по уровню 0,5 от максимальной амплитуды эхо-сигнала и автоматическое отслеживание сварного шва каждым сканирующим устройством.

Система выполняет:

- запись, хранение результатов и on-line отображение (в виде дефектограммы) информации о процессе контроля;
- выдачу результатов контроля (протокола контроля) на электронном и бумажном носителях;
- выдачу светового и звукового сигналов о наличии дефектов;
- нанесение отметок (краской на участки трубы), определяющих местоположение дефектов;
- передачу в систему АСУ ТП цеха информации о результатах контроля.



Техническая характеристика:

Диаметр труб, мм	406–1422
Толщина стенки трубы, мм	6,3–48
Количество ультразвуковых каналов (в одном модуле)	8
Рабочая частота ультразвуковых преобразователей, МГц	2,5
Время контроля трубы, мин	2,5

Систему выпускают в двух модификациях: одномодульной и двухмодульной. Двухмодульная модификация системы позволяет сократить время контроля трубы в два раза, поскольку каждый модуль контролирует половину сварного шва трубы с перекрытием зон сканирования.

● #1138

Ассоциация «ОКО» (Киев)

Украина сохранила восьмое место в рэнкинге Worldsteel

Украина по итогам работы металлургических предприятий в апреле 2011 г. сократила производство стали на 3,1% по сравнению с апрелем 2010 г. — до 2,950 млн. т, сохранив при этом восьмое место в рейтинге 64 стран — основных мировых производителей этой продукции, составленном Всемирной ассоциацией производителей стали (WSA), передает «Интерфакс-Украина».

В первую десятку стран-производителей по итогам апреля вошли Китай (59,032 млн. т, рост на 7,1%), Япония (8,419 млн. т, падение на 6,3%), США (7,098 млн. т, рост на

2,1%), Индия (6,150 млн. т, рост на 5,5%), Россия (5,960 млн. т, рост на 5,5%), Южная Корея (5,885 млн. т, рост на 15,9%), Германия (3,816 млн. т, падение на 1,7%), Украина (2,950 млн. т, падение на 3,1%), Бразилия (2,940 млн. т, рост на 8,6%) и Турция (2,757 млн. т, рост на 14,3%).

Увеличение объемов выплавки стали в апреле текущего года по сравнению с апрелем 2010 г. зафиксировано в большинстве стран первой десятки, кроме Японии, Германии и Украины.

Основные страны-производители стали (98% мирового производства) в апреле 2011 г. выплавляли 126,946 млн. т этой продукции, что на 5% больше, чем в апреле 2010 г.

В январе-апреле 2011 г. 64 страны произвели 499,688 млн. т стали, что на 8% больше, чем за аналогичный период 2010 г.

● #1139

www.prometal.com.ua

Восстановление работоспособности уникальных толстостенных деталей из чугуна оборудования метрополитена

Ю.В.Демченко, канд.техн.наук, А.М.Денисенко, Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины

Широкое применение конструкционных чугунов для изготовления деталей и корпусов редукторов уникальных по функциональным характеристикам приводов эскалаторов ЭМ-5, ЭТ, ЛТ в метрополитене объясняется хорошими литейными свойствами этих материалов: возможностью придания им весьма сложных форм, хорошей обрабатываемостью и высокой сопротивляемостью вибрационным нагрузкам, малой изнашиваемостью при трении металл о металл.

В то же время при достаточных прочностных характеристиках чугун имеет пониженную пластичность и как следствие повышенную хрупкость. Поэтому всякое нарушение условий нормальной эксплуатации, например зубчатого зацепления в редукторе, неправильный расчет конструкции, наличие скрытых дефектов литья и ошибок при монтаже приводят к разрушению чугунной детали.

Изломы, отколы, трещины, вскрывшиеся при нагружении литейные поры и рыхлость — это весьма распространенные дефекты, которые возникают при эксплуатации данного оборудования.

Учитывая ряд факторов, влияющих на качество ремонтных работ: сжатые сроки плановых остановок эскалатора на ремонт, выполнение одновременно разных видов работ на приводе, невозможность демонтажа деталей и установки в удобное для сварки положение, необходимость проведения работ в условиях машинного зала и работы в ночные смены, — проблема качественного восстановления таких деталей сваркой и родственными процессами, особенно в условиях машинного зала, является весьма актуальной. Как правило, детали приводов эскалаторов изготавливают в трех-четыре экземплярах для конкретной станции согласно количеству эскалаторов, и они рассчитаны на длительный срок эксплуатации — более 50 лет.

Проектирование, изготовление и монтаж нового комплекса оборудования может привести к длительным простоям эскалаторов метрополитена.

Например, есть случаи, когда необходимо восстановить детали, которыми были оснащены линии метрополитена (в Москве и Киеве), после 50–60 лет эксплуатации.

Специфические особенности чугуна как поликомпонентного высокоуглеродистого сплава в значительной степени затрудняют его сварку, так как практически всегда при сварке чугуна существует опасность образования трещин в металле зоны термического влияния, что требует эффективных мер по уменьшению как темпа нарастания сварочных напряжений, так и их уровня. Часто некоторые виды ремонта сложных разрушений чугунных деталей можно рассматривать как создание вновь лито-сварных конструкций. Например, при разрушении утрачены фрагменты или они слишком малы для сварки и их приходится восстанавливать при помощи стальных вставок, либо разрушены большие фрагменты. Поэтому в ИЭС принят комплексный подход к созданию ремонтной технологии, исключающий нежелательные факторы, затрудняющие сварку. Он основан на применении холодной механизированной сварки чугуна открытой дугой.

Основные особенности технологии:

- использование в качестве сварочного материала тонкой высоконикелевой проволоки сплошного сечения ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм, разработанной специально для холодной сварки чугунов и чугунов со сталью;
- выполнение механизированной сварки на режимах, обеспечивающих погонную энергию в пределах 3,0–3,5 МДж/см;
- специальная подготовка мест повреждения к сварке;
- выполнение протяженных и многослойных швов путем особой техники сварки и разбивки на короткие участки с немедленной последующей их проковкой.
- выполнение сварки без предварительного подогрева или с небольшим местным подогревом деталей до температуры 100–150°С в зависимости от особенностей

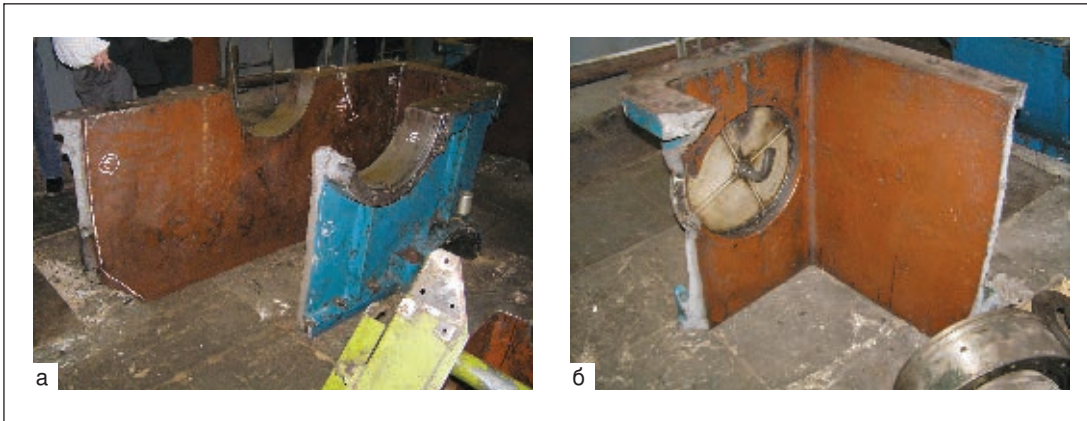


Рис. 1. Общий вид разрушенной средней части корпуса редуктора А-1100: а — основная часть корпуса редуктора; б — отломанный фрагмент корпуса редуктора

тей конструкции, что позволяет сохранить точность геометрических размеров и исключить деформации в ремонтируемых деталях. Сварка характеризуется высокой стабильностью и протекает практически без разбрызгивания, формирование швов хорошее.

Предлагаемый способ позволяет:

- сваривать стыковые, угловые, нахлесточные и другие соединения во всех пространственных положениях;
- получать плотный металл шва с высокими механическими свойствами: $\sigma_b = 550$ МПа, $\sigma_t = 350$ МПа, $\delta_5 = 20\%$;
- достигать равнопрочности сварных соединений при сварке серого и высокопрочного чугунов с шаровидным графитом.

На основе упомянутой технологии и с участием специалистов ИЭС в течение 2008–2010 гг. для Московского и Киевского метрополитенов был выполнен ряд работ по восстановлению чугунных корпусов редукторов главного привода эскалаторов ЭМ-5, ЛТ-30 и ЭТ-4Б.

Пример 1. Ремонт средней части чугунного корпуса редуктора А-1100 главного привода эскалатора ЭМ-5.

Габаритные размеры 2400×700×700 мм. Масса 2 т. Материал — чугун СЧ-20.

На рис. 1 показан общий вид разрушения средней части корпуса редуктора. Причина поломки — ошибки при монтаже. В результате разрушения корпус был разделен на два фрагмента. Кроме того, по углам корпуса, в посадочном месте подшипника и вблизи его имелось восемь трещин длиной от 100 до 250 мм. Толщина стенок в сечениях, подлежащих сварке, 40–80 мм.

Принятое решение — заварка трещин и выполнение ремонтной сварки по принципу получения лито-сварной конструкции. Общий вид корпуса, собранного на прихватках, и внешний вид сварных швов показаны на рис. 2. В итоге длина выполненных швов на восстановленном корпусе составила около 4 м.

Пример 2. Ремонт основания редуктора главного привода эскалатора ЭТ 30.

Габаритные размеры 2700×400×400 мм. Масса 1,5 т. Материал — чугун СЧ-20.

Причина поломки — возникновение трещины в посадочном месте подшипника и раскрытие дефекта литья — рыхлость в результате нештатной ситуации в зубчатом зацеплении.

Толщина стенки 20–60 мм. Длина трещины более 200 мм. Размер рыхлости 200×200 мм. Принятое решение — заварка

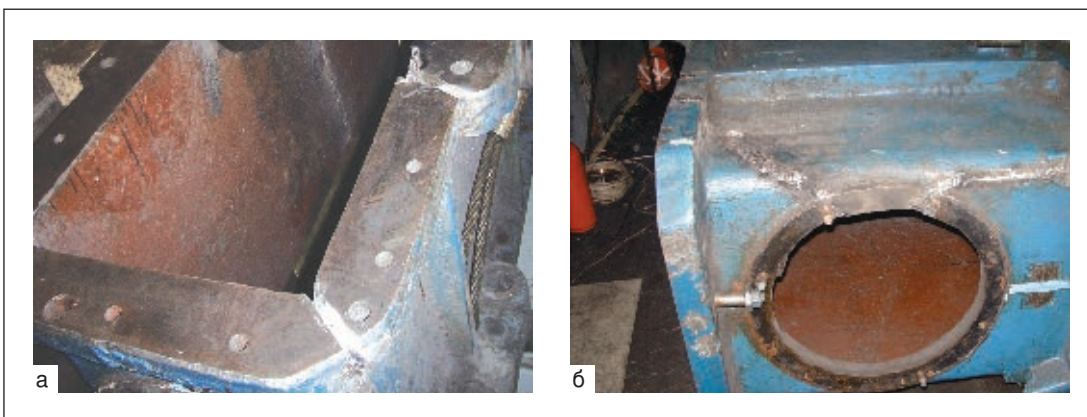


Рис. 2. Внешний вид корпуса (а) и сварных швов (б)

трещины и наплавка стенки в зоне рыхлости. Длина выполненных швов около 2 м.

На *рис. 3* показано посадочное место подшипника в корпусе редуктора после ремонта.

Пример 3. Ремонт крышки и корпуса редуктора главного привода эскалатора ЭТ-4Б.

Габаритные размеры 2700×400×400 мм. Масса 1,5 т. Материал — чугуи СЧ-20.

Причина поломки — образовавшиеся трещины в посадочном месте подшипника и крышки редуктора в результате нештатной ситуации в зубчатом зацеплении. Трещины защеилены. Толщина стенок 20–60 мм. Суммарная длина трещин более 3 м.

Принятое решение — заварка трещин.

На *рис. 4–6* показаны корпус редуктора и крышка до и после ремонта.

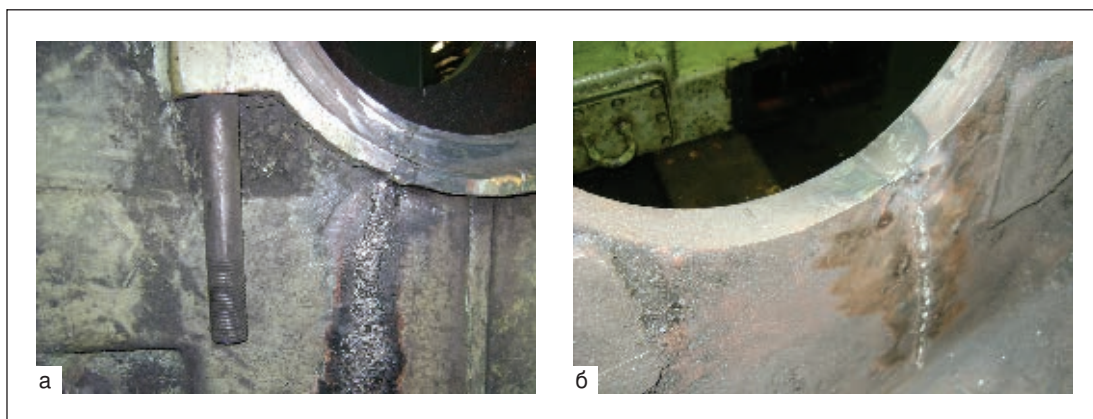


Рис. 3. Заваренная трещина в посадочном месте подшипника корпуса редуктора: а — вид снаружи; б — вид изнутри

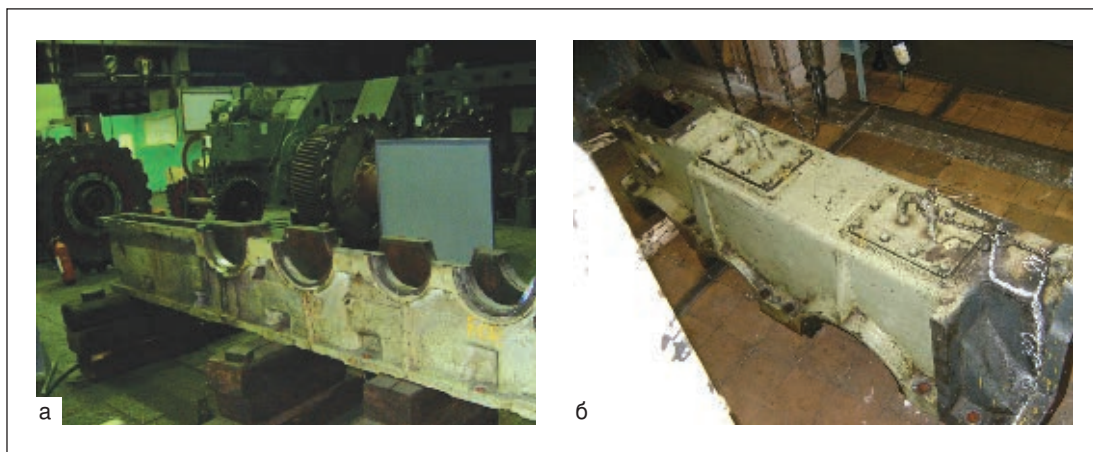


Рис. 4. Общий вид корпуса редуктора до ремонта: а — основание; б — крышка

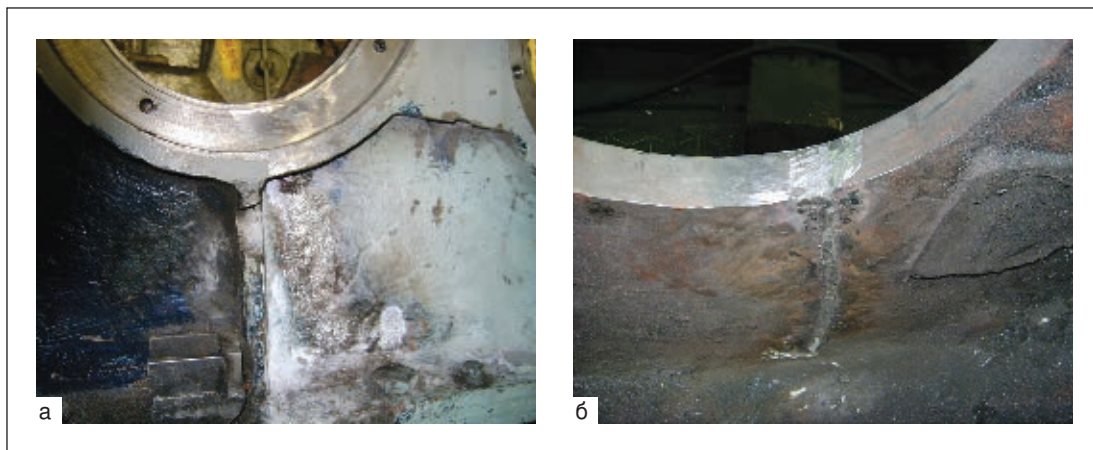


Рис. 5. Восстановленное посадочное место подшипника в корпусе редуктора: а — основание; б — крышка

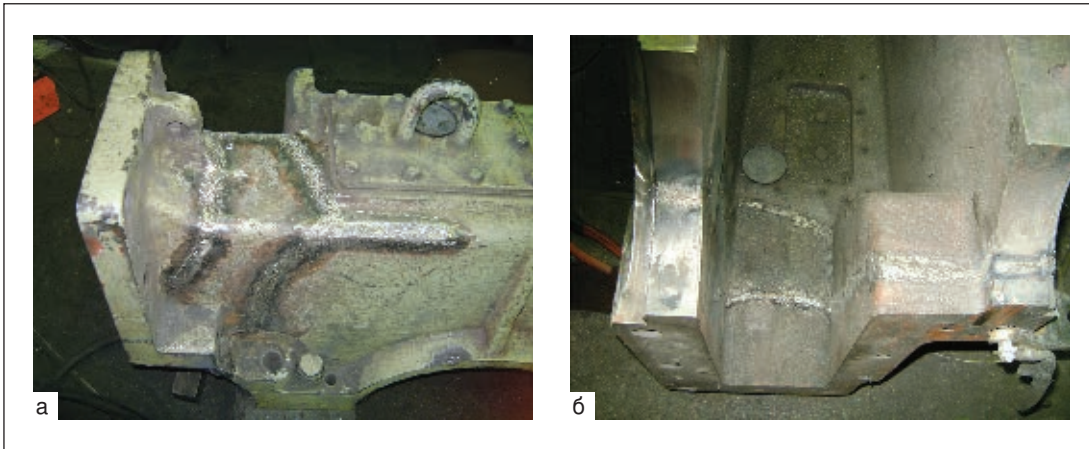


Рис. 6. Общий вид крышки после ремонта: а — снаружи; б — изнутри

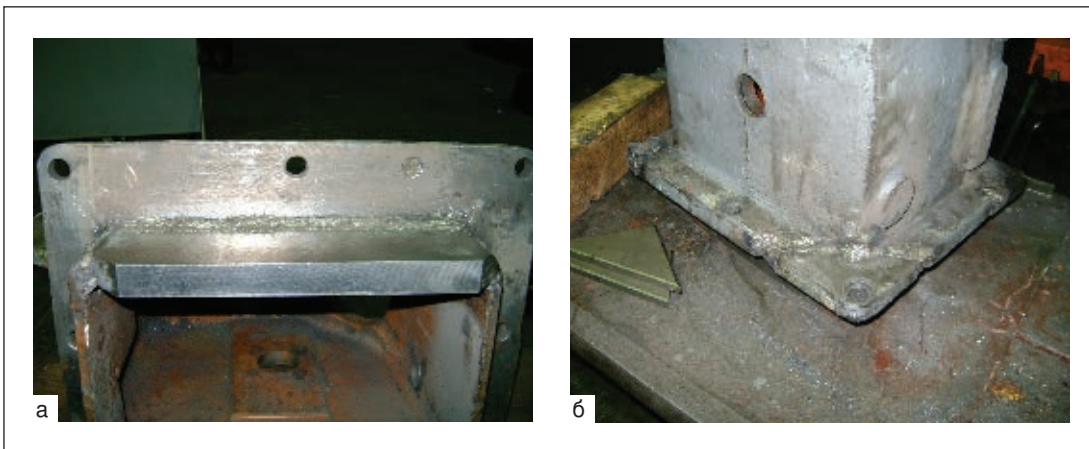


Рис. 7. Общий вид восстановленного корпуса редуктора малого привода эскалатора: а — вваренная стальная стенка; б — углы фланца

Пример 4. Ремонт чугунного корпуса редуктора малого привода эскалатора, используемого при экстренном или аварийном торможении.

Габаритные размеры 600×600×700 мм. Масса 250 кг. Материал — чугун СЧ-20.

Причина поломки — разрушение контактной поверхности корпуса и крепежного фланца на фрагменты в результате нештатной ситуации в зацеплении.

Принятое решение — замена стенки и утраченных элементов фланца на стальные вставки. Толщина стенок 20 мм. Длина выполненных швов около 1,5 м.

На рис. 7 показан общий вид корпуса редуктора малого привода после ремонта.

Пример 5. Ремонт зубчатого колеса малого привода эскалатора.

Габаритные размеры 1000×250 мм. Масса 1,5 т. Материал — чугун СЧ-20.

Причина поломки — трещины в ступицах. Толщина 25–30 мм.



Рис. 8. Общий вид сварного шва на ступице зубчатого колеса

Принятое решение — заварка трещин. Длина выполненных швов около 1 м.

На рис. 8 показан общий вид сварного шва на ступице зубчатого колеса. ● #1140



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.

Расскажите, пожалуйста, о характерных особенностях ударной ультразвуковой обработки сварных соединений и возможности замены этим процессом высокого отпуска*.

М. И. Кушак (Фастов)

* Окончание.
Начало
в журнале
«Сварщик»
№1, 2–2011.

Эффективность ультразвуковой обработки повышается с увеличением прочности стали при условии использования одного и того же режима проковки. Однако и при ультразвуковой обработке основных типов сварных соединений конструкционных сталей относительно низкой прочности наблюдается существенное повышение предела выносливости (табл. 2). Эти данные показывают, что при обработке указанных сталей повышение предела выносливости достигает 100%.

Изучали влияние ультразвуковой обработки на повышение сопротивления усталости валов из углеродистой стали 35, наплавленных в углекислом газе электродной про-

волокой Св-08Х20Н9С2БТЮ. Диаметр образца до наплавки 23 мм, а после нее — 31 мм. Механическая обработка наплавленных образцов выполнялась до диаметра $28 \pm 0,1$ мм, после чего образцы подвергались УУО, а затем производилась чистовая проточка образцов до диаметра 27,2 мм с последующей шлифовкой наждачной бумагой различной зернистости и полировкой (окончательный диаметр составлял $27 \pm 0,1$ мм).

Как показали испытания (рис. 10), предел выносливости образцов в состоянии после наплавки снижается на 41,7% по сравнению с основным металлом. С помощью термообработки образцов валов при температуре 630°C практически не удалось повысить предел выносливости, а при температуре 830°C повышение предела выносливости составило только 8,4% по сравнению с образцами в исходном состоянии после наплавки. Тем не менее, общее снижение их предела выносливости по сравнению с основным металлом составляло 29,2%. Наи-

Таблица 2. Влияние высокочастотной механической проковки на свойства сталей различной прочности

Исследуемые материалы и соединения				Условия нагружения		Предел выносливости при $N=2 \cdot 10^6$ цикл, МПа		Повышение предела выносливости	
Марка стали	Временное сопротивление разрыву, МПа	Толщина, мм	Тип соединения	Вид нагружения	Коэффициент асимметрии	в исходном состоянии	после обработки	МПа	%
Ст3сп	458	20	Стыковое	Растяжение	0	140	220	80	57
E460	589	10	Тавровое	Изгиб	0,1	168	290	122	73
Weldox 420	573	20	Поперечное ребро, приваренное угловыми швами		0,1	198	327	129	65
	573	20			0,1	198	341	143	72
TMCP	560	20			0,1	178	351	173	97
Ст3сп	460	30		Продольное ребро	Растяжение	0	113	167	54
	460	30	0			113	164	54	48
	460	30	0			113	226	113	100
09Г2СЮч	550	14	0			96	156	60	62
15ХСНД	520	14	0			86	180	94	110
G235B	436	8	Стыковое			Изгиб четырехточечный	0,1	148	234
	436	8	Крестообразное	0,25	142		234	92	64
	436	8		-0,5	165		282	117	71

более существенное повышение предела выносливости (практически до уровня основного металла) наблюдалось у образцов, обработанных ультразвуком.

Сопротивляемость сварных соединений хрупким разрушениям. В тех случаях, когда конструкции эксплуатируются при низких климатических температурах, обоснование того или иного вида послесварочной обработки должно не только базироваться на критерии повышения сопротивления усталости, но и учитывать возможное отрицательное влияние обработки на сопротивляемость сварных соединений хрупким разрушениям.

Незначительная анизотропия пластических свойств, обусловленная локальным деформированием поверхностных слоев металла при УУО, не приводит к снижению вязкости разрушения сварных соединений, характеризуемой критическим раскрытием δ_c надрезов при низких температурах (рис. 11). Таким образом, УУО не представляет опасности для несущей способности сварных конструкций, эксплуатируемых при низких климатических температурах.

Повышение стойкости против коррозионных разрушений. После УУО сварных соединений сопротивление коррозионным и коррозионно-усталостным повреждениям увеличивается соответственно в 2–4 и 8–12 раз.

Повышение работоспособности сварных соединений жаропрочных сталей. При выполнении ремонтных работ, связанных с восстановлением корпусных деталей турбин тепловых электростанций, изготовленных из низколегированных дисперсионно-

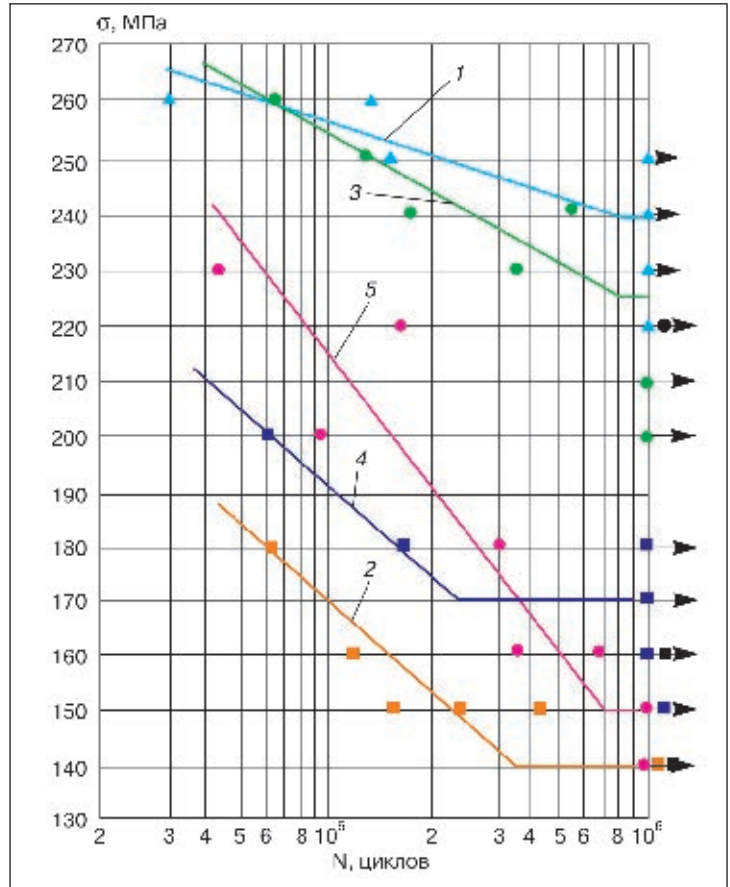


Рис. 10. Результаты усталостных испытаний образцов валов диаметром 27 мм из стали 35: 1 — из основного металла; 2 — в состоянии после наплавки проволокой Sv-08X20H9C2BTЮ в CO₂; 3 — то же, обработанных ультразвуком; 4 — то же, термически обработанных при 830 °С; 5 — то же, при 630 °С

твердеющих сталей 15X1M1ФЛ и 20ХМФЛ, отсутствовала возможность проведения послесварочной термической обработки. При-

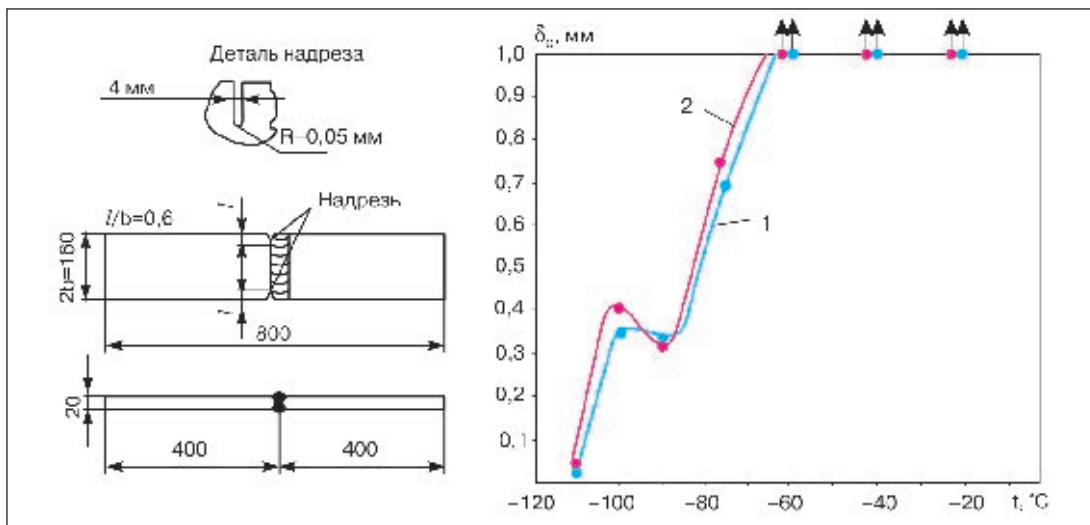


Рис. 11. Зависимость критического раскрытия δ_c надреза в околошовной зоне стыковых соединений (сталь 09Г2С) от температуры испытаний: 1 — в исходном состоянии; 2 — после ультразвуковой ударной обработки многоэлементным инструментом

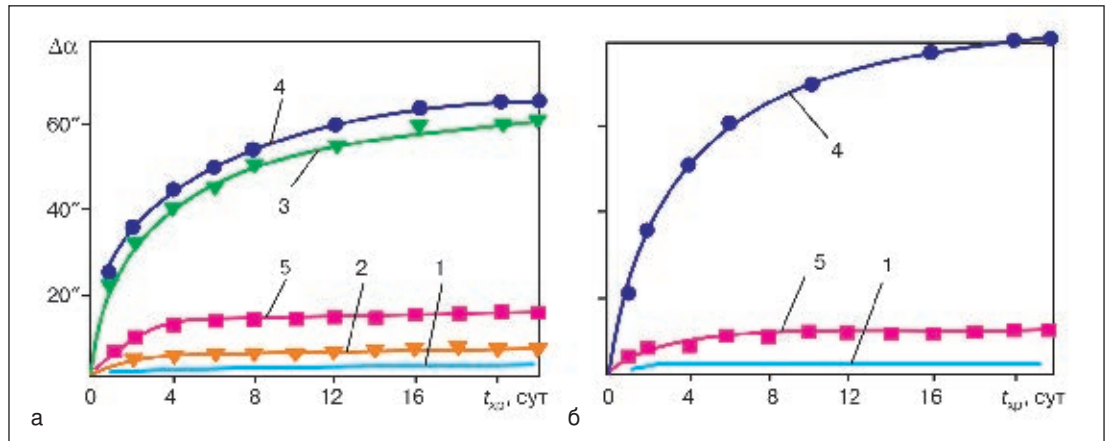


Рис. 12. Размерная стабильность плоских образцов из стали 35 толщиной 1,2 мм (а) и 40X13 толщиной 2,0 мм (б) при 100°С: 1, 2, 3, 5 — после УЗО на различных режимах; 4 — без обработки

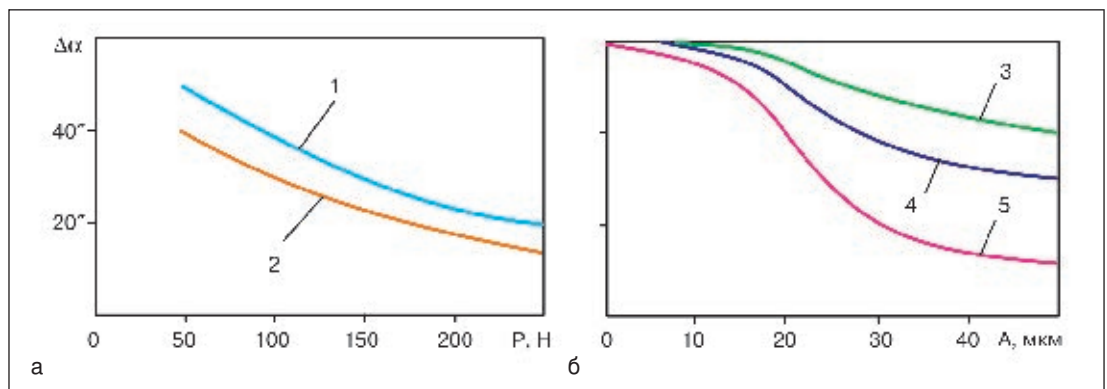


Рис. 13. Влияние статической силы прижима Р (а) и амплитуды ультразвуковых колебаний (б) на деформацию образцов из стали 35 за 20 сут при 100°С: 1 — А=30 мкм; 2 — А=40 мкм; 3 — Р=50 Н; 4 — Р=100 Н; 5 — Р=200 Н

няя технология ремонтных работ предусматривала двухслойную облицовку поверхности свариваемой выборки и послойное ее заполнение ручной дуговой сваркой перлитными электродами. Такая технология позволяет избежать образования хрупких структур в ЗТВ и обеспечить удовлетворительные служебные характеристики сварного соединения. Однако для обеспечения требуемой работоспособности необходимо снижать уровень остаточных напряжений, возникающих после сварки.

С этой целью было предложено применить послойную ультразвуковую обработку металла шва с помощью ультразвукового генератора с выходной мощностью 1 кВт и рабочей частотой 21–27 кГц. Прокровку производили послойно ударным инструментом в виде трех цилиндров диаметром 3 мм со сферической контактной поверхностью. После УЗО уровень остаточных напряжений снизился в 4 раза, а характер эпюры остаточных напряжений приближался к эпюре напряжений в сварных соединениях после термической обработки.

Повышение стабильности размеров сварных соединений. Размерная стабильность обработанных ультразвуком соединений сталей 35 ($\delta=1,2$ мм) и 40X13 ($\delta=2$ мм) существенно повышается вследствие снижения остаточных напряжений и структурной стабилизации мартенсита закалки (рис. 12). Основными параметрами процесса ультразвуковой обработки, способствующими повышению размерной стабильности сварных соединений, являются амплитуда ультразвуковых колебаний A и усилие взаимодействия обрабатываемой поверхности с акустической системой со статической силой прижима P (рис. 13). Чем выше A и P , тем эффективней размерная стабильность, характеризуемая величиной угла $\Delta\alpha$. Уменьшение $\Delta\alpha$ свидетельствует о меньших деформациях образцов и большей размерной стабильности.

Что касается времени обработки, которое варьировалось скоростью перемещения волновода-инструмента V относительно обрабатываемой поверхности, то его влияние на эффект повышения размерной стабильности незначительно. ● #1141



Днепрметиз

Группа предприятий «Северсталь-метиз»

ОАО «Днепрметиз» - крупнейшее предприятие Украины в метизной отрасли, входит в международную группу производителей «Северсталь-метиз»

www.dneprometiz.com.ua

т/ф: (0562) 35-81-50, 35-83-69, 35-15-97
Украина, 49081, г. Днепропетровск, пр. газеты „Правда“, 20

ПРОВОЛОКА:

сварочная Св-08 (А), Св-08Г2С
Вр-1 для армирования ЖБК
общего назначения без покрытия
термообработанная черная
оцинкованная
колючая

ФИБРА стальная

СЕТКИ:
плетеные
рифленные

ГВОЗДИ

БОЛТЫ
ГАЙКИ



ООО НПП
РЕММАШ

Украина, 49083, г. Днепропетровск
пр. им. Газеты «Правда» 29, к. 603
т. (0562)347 009, (056)790 0133
тел./факс (056) 371 5242
E-mail: remmash_firm@ukr.net

Разработка и изготовление оборудования для механизированной дуговой наплавки



◀ РМ-11

Комплексы оборудования для изготовления и модернизации установок наплавки прокатных валков, позволяющие из отдельных агрегатов собрать новый станок или выполнить модернизацию существующего



РМ-12 ▶



ОАО «Электромашино-
строительный завод
«Фирма СЭЛМА»

ОБОРУДОВАНИЕ для сварки и резки

- Трансформаторы и выпрямители для сварки электродами. Инверторы (ММА)
- Полуавтоматы для сварки в среде защитных газов (МИГ/МАГ).
- Установки для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (ТИГ).
- Установки воздушно-плазменной резки металла (УВПр).
- Машины для контактной точечной сварки (МТ).
- Оборудование для управления контактными сварочными машинами (РКС, КТ).
- Сварочные автоматы.
- Машины для механической подготовки кромок под сварку (МКС и МКФ).
- Манипуляторы сварочные.
- Тренажеры сварщиков.



- Все оборудование сертифицировано.
- Гарантийное и сервисное обслуживание.
- Пуско-наладочные работы.
- Разработка и поставка автоматизированных комплексов для сварки и наплавки.
- Обучение и консультации по эксплуатации оборудования.
- Широкая дилерская сеть по Украине.

95000, г. Симферополь, Украина, ул. Генерала Васильева, 32А
Тел: +38 (0 652) 66-85-37, 58-30-55, 58-30-50. Факс: 58-30-53
E-mail: sales@selma.crimea.ua

www.selma.ua



MIGATEH industries

УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТРУБ



КОЛОНИ ТА ЗВАРЮВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ



ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ЗБЕРІГАЮТЬ ЕНЕРГІЮ

тел. (044) 360-25-21, факс (044) 498-01-82

www.migateh.com.ua

Тенденции развития технологий сварочного производства

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

Изготовление сварных конструкций представляет собой производственный процесс, состоящий из комплекса взаимосвязанных операций, отличающихся по своему характеру, сложности, продолжительности и назначению. При этом используют различные технологии. Так, на стадии подготовки проката доминирует правка и очистка. В процессе изготовления деталей для сварных конструкций используют различные технологии резки, гибки, штамповки. Сборочно-сварочные операции выполняют на основе применения различных способов сварки, а послесварочную обработку реализуют с использованием технологических процессов, снижающих напряженно-деформационное состояние и улучшающих структурные и физико-механические характеристики сварных соединений.

В сварочном производстве преимущественно стран с развитой рыночной экономикой за последние двадцать лет произошли заметные изменения, связанные с разработкой и использованием новых конструкционных материалов, современных технологий сварки, термической резки, послесварочной обработки и внедрением систем менеджмента качества.

Потребление основных конструкционных материалов. В последние два десятилетия основным конструкционным материалом в мире продолжала оставаться сталь (примерно 93% всего производства конструкционных материалов), второе место занимал алюминий и сплавы на его основе, а третье — различного рода пластмассы.

На мировом рынке появилось более 1000 новых марок сталей различного назначения (строительство, энергетика, трубопроводный транспорт, автомобилестроение и т. д.), существенно расширилась номенклатура стального проката, в том числе с различными покрытиями.

Имеющий место спад потребления стального металлопроката в связи с мировым кризисом в 2008–2009 гг. в настоящее время постепенно преодолевается. Так, прогнозируется, что США, сократившие потребление готовой стальной продукции в 2009 г. на 36,2%, увеличат в 2011 г. объем ее потребления до 86,2 млн. т, что на 20% меньше показателей 2007 г., а объем потреб-

ления готовой стальной продукции в странах ЕС составит 145,2 млн. т, или 75% уровня 2007 г.

В Украине сокращение потребления металлопроката в расчете на душу населения в 2009 г. составило примерно 46% по сравнению с 2007 г. В настоящее время заметного роста потребления металлопроката пока не наблюдается.

В докризисный период (до 2008 г.) в мире отмечался устойчивый рост применения алюминия и разнообразных алюминиевых сплавов (аэрокосмическая отрасль, судостроение, автомобильный и железнодорожный транспорт, электротехника, упаковка и др.). В результате экономического кризиса 2008–2009 гг. мировое потребление первичного алюминия в 2009 г. сократилось более чем на 10% по отношению к предыдущему году и составило порядка 3,3 млн. т, т. е. фактически вернулось к уровню 2006 г. По некоторым прогнозам, мировое потребление первичного алюминия в 2010 г. ожидается в объеме 36 млн. т.

В мире растут объемы применения пластмасс различного назначения (трубопроводы, резервуары и цистерны для транспортировки агрессивных продуктов, детали и узлы автомобилей, тара и упаковка и др.).

Заготовительные операции. Одной из тенденций, характерной для производства сварных конструкций, является широкое применение высокоточных деталей и элементов. В заготовительном производстве их получают с использованием новых технологий плазменной и лазерной резки, высокоточной гибки, вырубки и штамповки.

Для современной технологии плазменной резки характерно применение процесса с различными вариантами водяной защиты (укладка листов на водную поверхность, погружение листов в воду, водоинжекционная резка).

В процессе водоинжекционной плазменной резки используют керамическое сопло, а воду подают радиально в дугу. Радиальное давление воды (до 1,5 МПа) обеспечивает более высокую степень сжатия дуги, чем та,

что может быть достигнута за счет конструкции медного сопла. При этом температура дуги приближается к 50 000 К. При резке такой дугой уменьшается скос кромки, увеличивается скорость резки, уменьшается грат и оплавление верхней кромки. Обычно в качестве плазмобразующего газа при водоинжекционной резке используют азот.

Благодаря подаче воды под давлением в дугу значительно увеличивается ресурс керамического сопла. Этому способствует паровой пограничный слой, изолирующий сопло от теплоты дуги, а охлаждающая вода защищает сопло в зоне максимального сжатия и максимальной температуры дуги. Керамическое сопло позволяет практически исключить двойное дугообразование и не разрушается.

Система водоинжекционной плазменной резки HT 4001 компании Hypertherm позволяет осуществлять высококачественную резку углеродистых и низколегированных сталей толщиной 1–75 мм на силе тока 250–750 А со скоростью 11,4–0,30 м/мин, сплавов алюминия толщиной 1–150 мм при 250–1000 А со скоростью 13,7–0,18 м/мин.

В мировой практике широко используют плазменную резку с отдельной подачей двух газов — плазмобразующего и защитного. При этом защитный газ закрывает зону резки, улучшая качество реза, несколько увеличивает скорость резки, а также охлаждает сопло и защитный наконечник. Комбинация плазмобразующего и защитного газов позволяет выбирать оптимальное качество реза, нужную стойкость расходных материалов, скорость резки и возможную толщину разрезаемых материалов.

В качестве комбинации плазмобразующего и защитного газов используют:

- плазмобразующий газ — воздух, защитный газ — воздух. Такая комбинация обеспечивает удовлетворительное качество резки, хотя наблюдается некоторое азотирование поверхности углеродистой стали и окисление поверхности алюминия и нержавеющей стали;
- плазмобразующий газ — кислород, защитный газ — воздух. Обеспечивают наибольшую скорость и высокое качество резки углеродистой стали. Кромки реза не азотированы, а грат практически отсутствует. Диапазон силы тока дуги от 1,5 до 260 А;
- плазмобразующий газ — азот, защитный газ — воздух. Эту комбинацию рекомендуют для резки нержавеющей сталей

и алюминия толщиной до 100 мм при силе тока дуги 20–750 А;

- плазмобразующий газ — смесь N35 (35% аргон, 65% водород), защитный газ — азот. Используют при силе тока дуги от 750 до 1000 А для резки нержавеющей стали и алюминия толщиной до 150 мм.

Возможны и другие комбинации плазмобразующего и защитного газов. Взамен защитного газа может использоваться вода.

Для реализации технологии плазменной резки с отдельной подачей плазмобразующего и защитного газов компания Hypertherm выпускает системы MAX-200 и HT-2000. Эти системы имеют двухступенчатую стабилизацию расстояния между плазмотроном и разрезаемым листом: начальную (установочную) — по выдвигающимся с помощью пневмоцилиндра индуктивным датчикам, рабочую (основную) — по напряжению дуги. В механизированную систему, основанную на модели HT-2000, может быть встроена Long Life-технология, использующая микропроцессор в источнике питания, а также особое крепление и охлаждение катодного узла плазмотрона, что дает возможность одному катоду выдерживать 1200 стартов, прежде чем возникнет потребность в его замене.

Оборудование для плазменной резки с отдельной подачей плазмобразующего и защитного газов обычно ориентировано как на применение в варианте сухой резки, так и при резке под слоем воды толщиной 80–100 мм (с погружением плазмотрона в воду), что значительно снижает шум и кардинально улучшает санитарно-гигиенические условия работы.

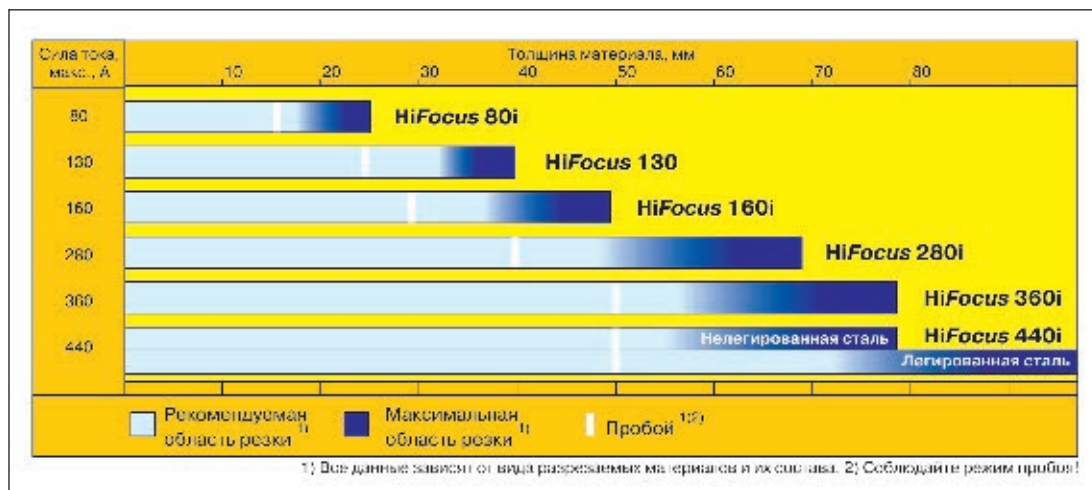
Фирмой Kjellberg разработана технология плазменной резки Hi-Focus, при которой струя плазмы благодаря особой конструкции плазмотрона сжимается до диаметра 1,2 мм с допуском ±0,1–0,2 мм. Технология Hi-Focus позволяет резать металл толщиной от 0,5 до 100 мм. Неперпендикулярность реза не превышает 0,025–0,05 мм. Рез свободен от графа.

Области применения различных установок, реализующих технологию плазменной резки Hi-Focus, приведены на *рис. 1*.

Наряду с прямыми, контурными и фасочными резами под углом до 45° плазменные установки Hi-Focus 160i, Hi-Focus 280i, Hi-Focus 360i и Hi-Focus 440i позволяют также проводить разметку, трассировку и маркировку.

Фирма SMB (Германия) разработала установку для плазменной обрезки кромок ли-

Рис. 1. Области применения различных установок, реализующих технологию плазменной резки Hi-Focus



стов высокопрочной стали длиной 5–15 м и шириной 1,5–3,4 м. Установка укомплектована водоохлаждаемыми плазматронами Kjellberg PB-375 W₂/O₂, дающими очень тонкую струю плазмы. Два плазматрона обрезают кромки листа, а третий разделяет обрезь на куски, удобные для транспортировки. Плазмообразующим газом при резке служит кислород, а при зажигании вспомогательной дуги системой XL-Life-Time — воздух. Зажигание вспомогательной дуги происходит по получении сигнала датчика о входе листа на позицию резки, а после попадания вспомогательной дуги на лист электромагнитный клапан переключает подачу газа с воздуха на кислород. Сила тока резки при ПВ=100% составляет 250 А, скорость резки при толщине листа 2,8–12,5 мм находится в пределах 10–3 м/мин, цикл обрезки листа длиной 13 м и толщиной 5 мм длится 140 с. Обеспечивается допуск на точность обрезки кромок ±0,4 мм по всей длине листа. Расплавленный металл, выдуваемого из реза струей плазмы, гранулируется в водяной ванне. В установке предусмотрена система диагностики.

Основными зарубежными поставщиками оборудования для плазменной резки являются фирмы ESAB, Hypertherm, Kjellberg. Высокое качество реза, отвечающее европейским и мировым стандартам, достигается конструкцией плазматронов и управляемых источников питания. Большую роль играет и применяемая газовая среда (смеси газов), где наряду с воздухом в различных вариантах используют кислород, водород, азот и аргон. В диапазоне толщин до 12 мм точность и перпендикулярность реза идентична этим показателям при лазерной резке, но с меньшими затратами. Разрезаемые кромки не требуют последующей механической обработки.

Среди способов лазерной резки наиболее широко распространена лазерно-кислородная резка (ЛКР), при которой струя кислорода выполняет тройную функцию. Сначала кислород способствует предварительному окислению металла и уменьшению его отражательной способности. Затем происходит переход к воспламенению и горению металла, и теплота экзотермической реакции усиливает термическое действие лазерного излучения. Наконец струя сдувает и уносит из зоны ЛКР расплав и продукты сгорания металла, обеспечивая одновременный приток кислорода непосредственно к фронту реакции горения. Последняя функция струи является наиболее важной, так как в этом случае удастся получить чистый качественный рез значительно большей глубины, чем в отсутствие подачи кислорода. Кроме того, струя кислорода сокращает время остывания материала.

Основными факторами, определяющими производительность и качественные показатели газолазерной резки, являются тип, плотность мощности и мощность лазерного излучения, скорость резки, давление и состав технологических газов, расстояние от среза сопла до поверхности материала, вид, состав и свойства разрезаемых материалов.

Для ЛКР характерны следующие особенности:

- диаметр сфокусированного лазерного луча меньше, чем диаметр (обычно 1–2 мм) кислородной струи;
- ширина реза определяется диаметром сфокусированного лазерного луча и скоростью резки и может быть меньше 100 мкм;
- давление кислорода составляет 0,3–0,4 МПа при резке тонкого листа и до 0,03 МПа при резке листов толщиной

30 мм, причем оно тем меньше, чем больше толщина разрезаемого металла;

- как правило, лазерную резку осуществляют расширяющимся лазерным лучом, т. е. фокус всегда расположен выше поверхности металла;
- зазор между срезом сопла, формирующим струю, и поверхностью разрезаемого металла составляет от 0,5 мм для тонкого листа и 3 мм для листа толщиной 30 мм;
- чем толще металл, тем меньше скорость резки; минимальная скорость резки составляет 0,5–0,6 м/мин, что определяет максимальную толщину разрезаемого стального листа (в настоящее время 30 мм при мощности лазерного луча 6 кВт).

В последние годы получает распространение технология ЛКР под названием LASOX, разработанная компанией BOC Gases (США). По этой технологии используют лазерную головку с лазерным лучом, направленным по оси газового сопла. Лазерный луч обеспечивает предварительный нагрев стального изделия до температуры горения, а сверхзвуковая струя кислорода, направленная на пятно лазерного луча, окисляет сталь, образуя узкий рез. Для этого процесса характерны:

- давление кислорода, необходимое для формирования сверхзвуковой струи, 0,6–1,0 МПа;
- диаметр пятна нагрева лазерным лучом на поверхности металла существенно больше, чем диаметр струи;
- ширина реза равна диаметру кислородной струи и, как правило, больше 3 мм;
- расстояние между срезом сопла и металлом 6–8 мм;
- толщина разрезаемого металла до 50 мм при мощности лазерного луча 2 кВт и до 100 мм — при мощности 6 кВт. Скорость резки при этом составляет около 0,2 м/мин.

К преимуществам этого способа разработки относят уменьшение вероятности попадания брызг на режущую головку за счет большего зазора между режущей головкой и заготовкой, а также высокую точность резки толстолистовых стальных заготовок.

Лазерную резку достаточно широко применяют в судостроении и в других отраслях промышленности.

Прямое сравнение стоимости лазерной и прецизионной плазменной резки (без учета дополнительных преимуществ использования лазера) показывает, что лазерная резка заметно дешевле в случае резки тонколистового (до 3 мм) металла. При толщине

свыше 5 мм более конкурентоспособна плазменная резка. Однако степень эффективности этих двух способов резки может существенно измениться в пользу лазерной резки, если будут учтены преимущества, связанные, например, с высокой точностью резки, узкой зоной термического влияния, высокой повторяемостью процесса, возможностью исключения дополнительной обработки, улучшением организации производственного процесса и т. д.

При сравнении качества и стоимости лазерной и плазменной, а также других способов резки можно сделать такие выводы:

- если точность является основным условием и критерием производства, то лазерная резка может оказаться единственным рациональным способом;
- если требуемые технологические допуски не слишком жесткие, а существенным критерием является минимальная стоимость продукции при данной точности и повторяемости резки, следует рассмотреть целесообразность применения плазменной резки либо других способов.

При анализе эффективности новых технологий изготовления продукции существенным критерием являются капитальные (инвестиционные) затраты, а также затраты на эксплуатацию оборудования. Тщательный анализ, проведенный сотрудниками Лазерного центра в Мюнстере (Германия), показал, что инвестиционные затраты при использовании лазеров типа Nd:YAG являются более высокими (до 40%), чем при использовании CO₂-лазеров. В то же время необходимо отметить, что отражательная способность металлов снижается с уменьшением длины падающей электромагнитной волны, поэтому эффективность нагрева металлов увеличивается при использовании лазера с меньшей длиной волны излучения. В связи с этим резка металлов с использованием Nd:YAG-лазера, имеющего меньшую длину волны, энергетически более эффективна по сравнению с резкой CO₂-лазером, имеющим большую длину волны.

Кроме стоимости лазера, значительную долю в инвестиционных затратах составляет стоимость манипуляторов и периферийных устройств, которая может в несколько раз превышать стоимость лазера.

Если учитывать марку и толщину разрезаемого материала, то получается, что затраты при лазерной резке углеродистой стали толщиной 12 мм и нержавеющей стали толщиной 8 мм значительно ниже, чем затраты

при резке водяной струей. В остальных случаях для этих же материалов кислородная и плазменная резка оказались предпочтительными с экономической точки зрения.

Качество резки имеет непосредственное влияние на стоимость изготовления сварных конструкций. Относительно низкое качество и повторяемость резки имеют место при сравнительно дешевых способах резки, т. е. более дешевых, чем лазерная резка. Зачастую низкое качество приводит к потерям на дальнейших этапах производства. Необходимым условием объективной оценки экономической эффективности использования лазерной резки является применение комплексного подхода к процессу изготовления сварной конструкции, учитывающего влияние качества каждого производственного этапа на общие затраты.

При анализе затрат и преимуществ, кроме стоимости самой резки, следует учитывать все дополнительные технологические и экологические преимущества, являющиеся следствием высокого качества резки. По данным польских специалистов В. Земана и Б. Добай-Тумидаевича, точность изготовления примерно 4–6 мм/10 м при разметке и резке требует затрат труда при изготовлении корпуса корабля от 50 до 80 ч/т. Повышение точности изготовления до менее 2 мм/10 м (что возможно при использовании лазерной и прецизионной плазменной резки) уменьшает трудоемкость до 25 ч/т.

Еще одним способом повышения эффективности мелкосерийного производства является замена штамповки лазерной вырезкой. В этом случае экономические показатели улучшаются за счет исключения затрат на изготовление штампов и приобретение штамповочного оборудования.

Одной из современных тенденций развития технических систем является применение комбинированных технологий. К таким технологиям относится и термомеханическая резка, проводимая на лазер-прессах, в которых для выполнения протяженных резов используют газолазерную резку, а небольшие резы осуществляют вырубкой.

Современные конструкции лазер-прессов дополняют устройствами для пластического формообразования. Например, листообрабатывающий центр Trumatik 600 Laserpress осуществляет лазерную резку деталей толщиной до 8 мм и габаритными размерами 2585×1280(1650) мм, вырубку стандартных контуров за один ход, накатку резьбы, пластическое формообразование различных видов (образование жалюзи, отбортовку отверстий, выдавливание ребер жесткости). Центр оснащен лазерами мощностью 1800, 2400 или 3000 Вт. Такое оборудование экономически целесообразно использовать в условиях серийного производства при максимально полной его загрузке. ● #1142

Продолжение в следующих номерах журнала.



Ученые ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» совершенствуют технологии сварки наноструктурированных материалов

На базе фундаментальных работ прошлых лет и новейших know how институт «Прометей» (Россия) разрабатывает новые технологии для обработки наноструктурированных материалов с применением робототехники.

Внедрение роботов позволит совершенствовать экологически чистые технологии высокотемпературной обработки химически активных

материалов в промышленных обитаемых наземных камерах. Специалисты института считают, что это позитивно повлияет на надежность летательных аппаратов, судовых и нефтедобывающих конструкций.

На базе разработок в последние годы институт создал и внедрил:

- технологические комплексные линии из камер-модулей;
- высокоэффективное оборудование с программным управлением для тонкой очистки и скоростной малоотходной утилизации аргона, локальной термообработки, автоматизированных процессов сварки и безотходного плазменного напыления.

В свое время именно ученые института разработали технологии высокотемпературной безокислительной обработки (сварки, прокатки, волочения, напыления и др. процессов) титановых сплавов в обитаемых наземных камерах в инертном газе аргоне. Камеры — это сложные инженерные комплексы, оснащенные функциональными системами, обеспечивающими высокопроизводительную работу персонала в аргоне при эффективном малоотходном использовании инертного газа. Эти камеры уже широко внедрены в производстве изделий, работающих в экстремальных условиях эксплуатации.

www.i-mash.ru

Локальное упрочнение металлических поверхностей дуговым разрядом конденсаторов

Д.М.Калеко, канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

Повышение функциональных свойств деталей невозможно без существенного улучшения эксплуатационных характеристик их поверхностей, таких как сопротивление изнашиванию, коррозионная и радиационная стойкость, адгезионная совместимость и др. Высокие требования к надежности деталей, работающих в условиях интенсивных нагрузок, могут быть удовлетворены при модификации поверхности путем изменения химического состава и структуры. В большинстве случаев таким требованиям удовлетворяют поверхностные слои повышенной твердости.

Образование на трущейся поверхности локальных участков повышенной твердости вместо сплошного покрытия приводит к снижению коэффициентов трения и износа. Кроме того, благодаря снижению нормальных и касательных напряжений в локальных модифицированных зонах поверхности достигается высокая стойкость каждого отдельного участка.

Модифицировать поверхность можно принципиально двумя способами: внешним нанесением покрытия или созданием условия для превращения в самом поверхностном слое путем термического, химического или силового воздействия на него. Выбор того или иного способа связан с конкретными условиями — материалом детали, ее назначением, геометрической формой и др.

Далее рассмотрим только термическую обработку как наиболее универсальный способ.

В настоящее время для поверхностного упрочнения все шире используют высококонцентрированные источники энергии, среди которых наиболее распространены лазеры. При этом наилучшего результата достигают при обработке с поверхностным оплавлением деталей. Однако применение лазера имеет ряд недостатков: высокую стоимость и большие габаритные размеры мощного лазерного технологического оборудования, а также необходимость организации мероприятий по защите персонала от рассеянного излучения. Поэтому актуален

поиск альтернативных способов. Наиболее перспективным является импульсный дуговой нагрев, при использовании которого можно достичь высоких и сверхвысоких скоростей охлаждения 10^4 – 10^5 К/с.

Область нагрева детали при импульсном дуговом разряде весьма мала по сравнению с обрабатываемой поверхностью. Объем нагретого дугой металла определяется выделенной в нем энергией, отводимой теплопередачей во внешний по отношению к нагреваемой области металл детали. Поэтому чем меньше время горения дуги, тем круче градиент температур, определяющий скорость охлаждения.

Из известных способов наиболее полно удовлетворяет приведенным выше условиям дуга, горящая при разряде конденсаторов. При этом устраняются все недостатки, присущие лазерной поверхностной обработке.

Кратковременность процесса разряда конденсаторов позволяет не только достичь высоких скоростей охлаждения нагретой области детали, но и повысить энергетическую эффективность обработки. Оборудование для такого процесса при использовании современных накопителей энергии может иметь массу до 10 кг при производительности 30 имп/с и потреблять не более 2 кВт. Возможно применение ручного инструмента в виде карандаша или пистолета для локальной обработки поверхности массивных изделий. Таким аппаратом может легко манипулировать робот, а топография точек обработки — задаваться программным управлением.

Конденсаторный дуговой разряд может быть осуществлен и в воздушной атмосфере, и в газовой среде иного состава. Благодаря перемешиванию магнитным полем сильноточной дуги ванны расплавленного металла с захватом молекул и ионов газа из окружающей атмосферы, происходит взаимодействие с основным элементом металла детали и образование на поверхности, например, карбидов или нитридов при разряде в углекислом газе или азоте. Это позволяет получить дополнительное увеличение твердости поверхности в обрабатываемых зонах.

Результат импульсной термической обработки определяют мощность импульса и его форма с учетом продолжительности горения дуги и зависимость мощности от времени. На мощность импульса для конденсаторного разряда влияют емкость и напряжение зарядки конденсаторов, а также полное сопротивление разрядного контура:

$$W = i u_{\partial} = -u_{\partial} \frac{U_0 - u_{\partial}}{L(\alpha_1 - \alpha_2)} (e^{\alpha_1 \tau} - e^{\alpha_2 \tau});$$

$$\alpha_{1,2} = \frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}},$$

где i, u_{∂} — текущие значения силы тока и напряжения дуги; U_0, C — напряжение зарядки и емкость конденсаторной батареи; R, L — соответственно активное и индуктивное сопротивление разрядного контура, $\tau = CR$ — постоянная времени разрядного контура.

Приведенное уравнение показывает, что регулирование мощности, точнее, силы тока обрабатывающей дуги (напряжение дуги при постоянной длине дугового промежутка изменяется в узких пределах), возможно путем изменения напряжения зарядки конденсаторов, а скорость ввода энергии зависит, главным образом, от емкости конденсаторов, активного сопротивления и индуктивности сварочного контура. Чем выше

скорость ввода энергии, тем больше градиент температуры по нормали к обрабатываемой поверхности.

От скорости ввода энергии зависит и глубина лунки эрозии на поверхности под электродом: чем больше скорость, тем глубже канавка на обрабатываемой поверхности. Очевидно, что для уменьшения этого нежелательного явления нужно уменьшить интенсивность нагревания введением в разрядную цепь активного и индуктивного сопротивлений.

Вследствие теплоотвода от поверхности в глубь детали повышается температура металла, окружающего обрабатываемую зону, а градиент температуры в направлении от поверхности уменьшается. Это может привести при малой интенсивности ввода энергии к снижению скорости охлаждения и образованию равновесной структуры с невысокой твердостью.

Из сказанного вытекает необходимость оптимизации параметров обрабатывающего импульсного дугового разряда для получения минимального искажения поверхности при удовлетворительных характеристиках ее упрочнения.

В качестве источника разрядного тока при проведении экспериментов использовали модернизированную установку К-747МВ. Модернизация установки заключалась в применении специализированной головки (рис. 1) вместо сварочного пистолета и изменении логики работы электрической схемы в соответствии с новой задачей. Кроме того, был изготовлен выносной пульт управления К-747МВ, дублировавший функции органов управления пистолета для приварки шпилек.

Исследования, связанные с определением оптимальных параметров режима импульсной поверхностной обработки дуговым разрядом конденсаторов, проводили на образцах толщиной 0,5–10 мм из сталей 20, 35, 35Г и 66Г с различным содержанием углерода, марганца и кремния. На металлографических шлифах измеряли профиль обработанного участка, его микротвердость и оценивали структуру зоны, претерпевшей изменение.

Как показали эксперименты, при включении в разрядную цепь значительной индуктивности* можно сохранить поверхность

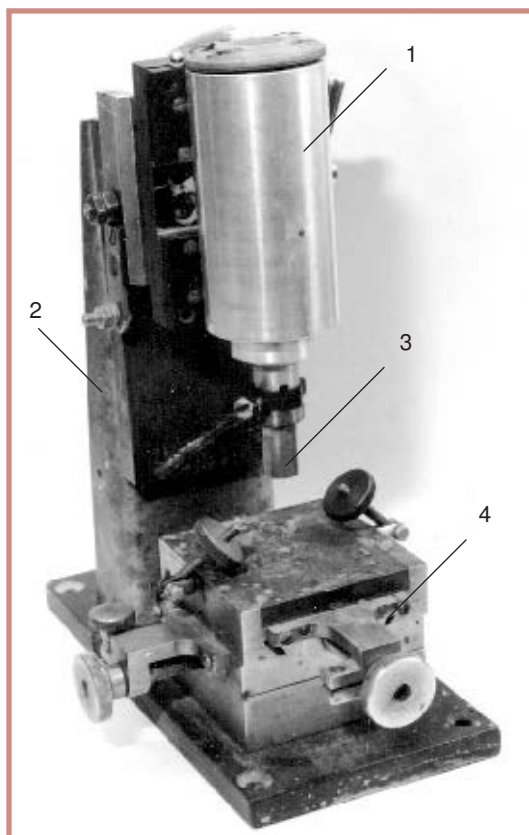


Рис. 1. Установка для локальной термообработки: 1 — головка с электромагнитным приводом перемещения штока с электродом; 2 — стойка; 3 — шток; 4 — предметный столик

* Следует заметить, что при питании дуги разрядом электролитических конденсаторов можно не опасаться недопустимой перезарядки, так как дуга обрывается при сохранении заряда конденсаторов с напряжением, близким напряжению дуги. Это дает возможность, как показали эксперименты, увеличить частоту их разряда до 30 с^{-1} .

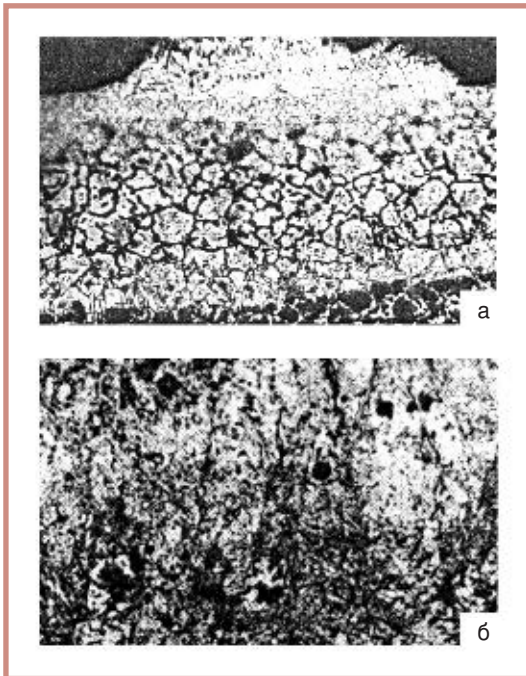


Рис. 2. Микроструктура термообработанного участка поверхности стали 35: а — $\times 80$; б — $\times 300$

обрабатываемого изделия без существенной эрозии, а в некоторых случаях даже с выпучиванием поверхности, которое снимается финишным шлифованием (рис. 2, а). Таким же образом увеличивается глубина обработки (включая толщину зоны плавления и зоны термического влияния) до $0,9 \pm 0,1$ мм, что является существенной эксплуатационной характеристикой.

При упрочнении поверхности дуговым разрядом конденсаторов зона теплового воздействия состоит из двух участков: скоростной кристаллизации и закалки в твердом состоянии (рис. 2, б). Участок кристаллизации характеризуется дендритной структурой, а на участке закалки сохраняется зернограницная сетка феррита — из-за кратковременности нагрева здесь не успевает пройти процесс химического выравнивания.

Микроструктура зоны скоростной кристаллизации в большинстве случаев представляет собой мелкозернистый мартенсит (рис. 3, а), в зоне закалки наблюдается феррито-бейнитная структура, подобная структурам ЗТВ при сварке марганцовистых сталей.

Исследование зависимости микротвердости термически обработанных участков на поверхности образцов из сталей различного химического состава показало (рис. 4), что максимальная твердость достигается при энергии 1–1,2 кДж. По-видимому, уменьшение твердости при больших значениях энергии, накопленной в конденсато-

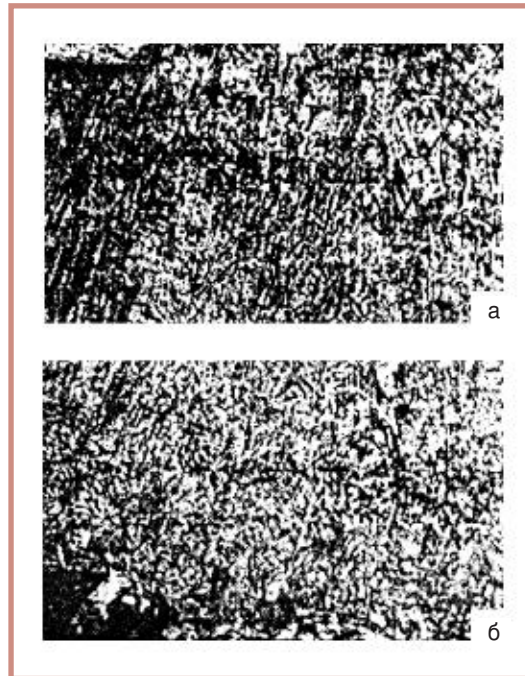
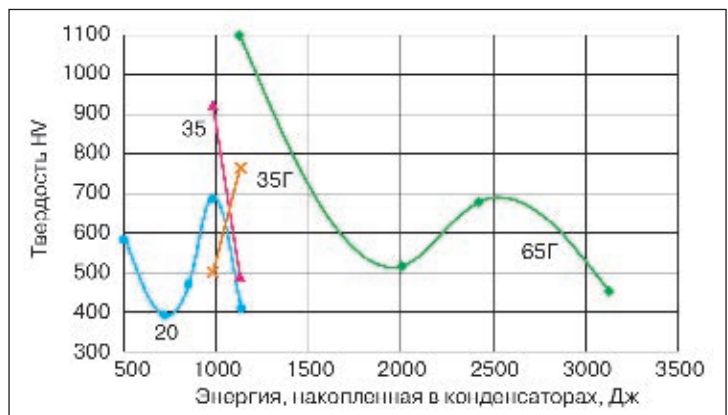


Рис. 3. Микроструктура зоны скоростной рекристаллизации (а) и зоны закалки в твердом состоянии (б) в стали 65Г, обработанной дуговым разрядом конденсаторов, $\times 300$



рах, связано с увеличением объема и температуры нагретой области, что снижает градиент температуры по сечению образца и соответственно скорость охлаждения.

Следует отметить, что участки с максимальной твердостью 1100 HV наблюдаются как в зоне кристаллизации, так и в зоне закалки. Можно было бы ожидать более высокую твердость в зоне кристаллизации из-за присутствия ей термических напряжений. Отсутствие же такого эффекта связано, вероятно, с достижением предельно возможной прочности (твердости) для данного материала.

Локальное поверхностное термическое упрочнение может быть осуществлено не только в виде сплошной зоны на поверхности детали, но и в кольцеобразной форме. Такой способ предпочтительнее применять на плоских поверхностях, поскольку он позволяет увеличить маслосъемкость в паре трения.

● #1143

Рис. 4. Максимальная микротвердость, достигнутая при поверхностной обработке дуговым разрядом сталей различного химического состава

Установка Plazer 80-PL для плазменного напыления

С.В. Петров, В.Н. Коржик, доктора технических наук, Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины

Новая установка для плазменного напыления на дозвуковом и сверхзвуковом режимах предназначена для механизированного напыления одно- и двухкомпонентных защитных покрытий из порошковых керамических и металлических материалов на металлические и неметаллические поверхности. Установку используют в составе автоматизированных и механизированных комплексов. Она может работать в автоматическом режиме и позволяет получать многослойные двухкомпонентные покрытия с изменяемой концентрацией напыляемых порошков по толщине слоя и совокупными свойствами, присущими каждому из напыляемых компонентов.

тельный блок, разделительный трансформатор, выходной дроссель.

Блок плазмотрона содержит плазмотрон (рис. 1, а), коллекторный узел, устройство подачи напыляемого порошка в канал (под срез) сопла, блок крепления с устройством охлаждения детали. Плазмотрон, преобразуя электрическую энергию в тепловую, формирует плазменную струю (рис. 1, б), в которой происходит разогрев и разгон напыляемого порошка (рис. 1, в).

- Установка обеспечивает:
- формирование сверхзвуковой плазменной струи со скоростью порядка 3000 м/с;
 - высокую плотность покрытий с низкой пористостью (до нуля);
 - надежную работу в жестких промышленных условиях.

Установку Plazer 80-PL применяют для защиты деталей от изнашивания, коррозии, для их восстановления и ремонта, нанесения специальных покрытий. Установка выполнена по блочно-модульной схеме и включает следующие основные блоки: блок плазмотрона, кабель-шланговый пакет, систему порошковых питателей, шкаф управления, шкаф горючего газа, преобразова-

Плазмотрон выполнен по трехэлектродной схеме и включает водоохлаждаемые пленочный катод с гафниевой активной вставкой, нейтральную одиночную межэлектродную вставку и выходное сопло-анод. Температурное поле надежно фиксирует среднюю длину дуги между торцевым катодом и полым анодом. Дуговой канал рассчитан таким образом, что толщина пограничного слоя нарастает с движением вниз потока плазмы в канале сопла-анода. При сверхкритическом перепаде давлений (в канале сопла по отношению к атмосферному) на расстоянии примерно 0,5 его диаметра до среза сопла формируется искусственное критическое сечение за счет «сброса» пограничного слоя. В таком режиме плазмо-

Технические характеристики установки Plazer 80-PL:

Напряжение трехфазной питающей сети переменного тока (50 Гц), В . . . 380(-10... +5)	Расход охлаждающей воды, м ³ /ч 1,0
Напряжение холостого хода, В 350	Скорость вращения ротора питателя, об/мин 0-80
Продолжительность включения, ПВ, % . . 100	Вместимость одного питателя, дм ³ 5
Рабочее напряжение дуги, В 150-270	Допустимая неравномерность подачи порошкового материала из питателя, % . . ± 5
Сила рабочего тока дуги, А 100-300	Размер частиц порошковых материалов для напыления, мкм. Не менее 20, не более 160
Рабочее давление смеси, МПа 0,15-0,6	Наибольшая производительность напыления, кг/ч:
Давление воздуха в сети, МПа 0,8-1,0	керамическим порошком 8
Расход плазмообразующего воздуха, м ³ /ч 5-25	металлическим порошком 20
Давление плазмообразующего горючего газа (пропан-бутан) в сети, МПа . . . 0,6-0,8	Коэффициент использования порошка, не менее 0,7
Расход плазмообразующего горючего газа (пропан-бутан), м ³ /ч 0,0-2,0	Потребляемая электрическая мощность, кВт·А, не более 120
Расход транспортирующего газа (воздух, аргон), м ³ /ч 0,5-2,0	
Давление охлаждающей воды, МПа 0,3	

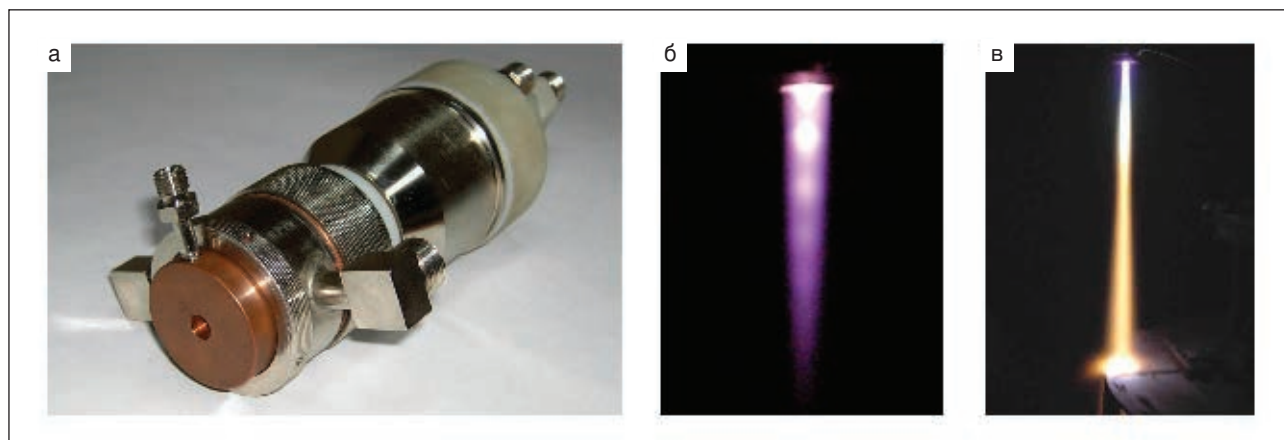


Рис. 1. Плазматрон для сверхзвукового напыления мощностью 100 кВт: а — общий вид; б — не полностью расширенная сверхзвуковая плазменная струя 1,5 Маха; в — разогрев до плавления и разгон до 500 м/с напыляемого порошка

трон генерирует не полностью расширенную сверхзвуковую струю с числом Маха 1,3–1,5. Напыляемый порошок может подаваться либо на срез сопла плазматрона, либо в канал в области критического сечения.

Плазматрон может быть закреплен на суппорте любого станка или другого механического приспособления. Камеру с приточно-вытяжной вентиляцией выбирают в зависимости от размера и формы напыляемого изделия, механизмов для их крепления и перемещения.

Шкаф управления 1 (рис. 2) предназначен для контроля готовности комплекта плазменной аппаратуры, пуска и остановки напыления, визуального наблюдения и регулирования параметров режима, а также для подачи к плазматрону электрического питания, плазмообразующих газов и охлаждающей среды. Шкаф управления состоит из следующих модулей: газоэлектрического плазмообразующего и охлаждающего воздуха; газоэлектрического транспортирующего газа; водяного; электрического дуги; коллекторного; поджига дуги; контролера. Все модули являются ячейками шкафа управления. На лицевой панели установлены панель оператора типа ИП320 для отображения и редактирования значений параметров и ComPort для подключения компьютера.

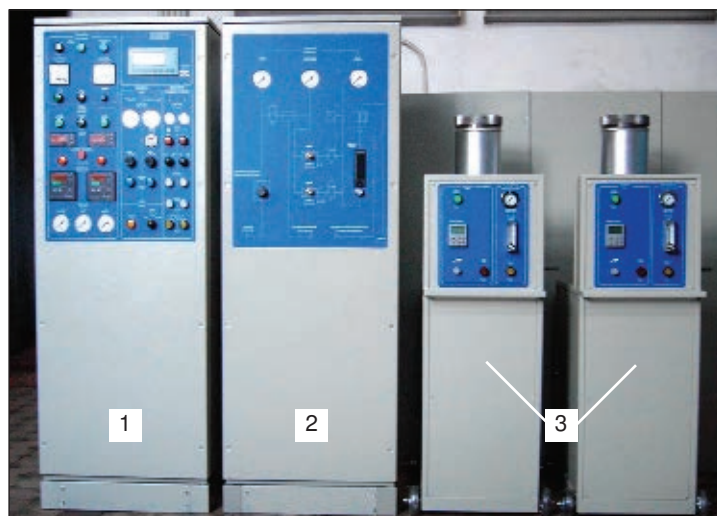
Шкаф горючего газа 2 предназначен для подачи и измерения расхода пропан-бутана в плазмообразующей смеси.

Система порошковых питателей 3 состоит из двух порошковых питателей-дозаторов и предназначена для подачи и дозировки одного или двух разнородных порошков в ручном или автоматическом режиме по заранее заданной программе.

Блок электропитания используют для питания плазматрона постоянным током. Он обеспечивают включение и отключение дежурной дуги, плавное нарастание рабочего тока в основной цепи от минимального значения до предварительно заданного при пуске, стабилизацию заданной силы тока рабочей дуги с точностью не менее 2,5% в процессе работы, возможность изменения силы рабочего тока в процессе работы, контроль силы тока и напряжения нагрузки. Выпрямитель выполнен в виде трех блоков: в первом, преобразовательном блоке размещен автоматический выключатель, силовой магнитный пускатель, блок силовых тиристоров, печатные узлы системы управления, регулирования и защиты, панели со вспомогательными узлами (дежурной дуги), аппаратура управления и защиты, во втором — силовой трансформатор, в третьем — выходной дроссель.

Система порошковых питателей (рис. 3) предназначена для подачи порошков к плаз-

Рис. 2. Блоки установки:
1 — шкаф управления;
2 — шкаф горючего газа;
3 — система порошковых питателей



мотору. Она включает два питателя, состоящих из следующих основных узлов: опрокидывающегося герметичного бачка с прозрачной крышкой и тарельчатым механизмом дозирования, асинхронного электродвигателя с частотнорегулируемым приводом и редуктором, системы транспортирующего газа, поворотного механизма с фиксатором.

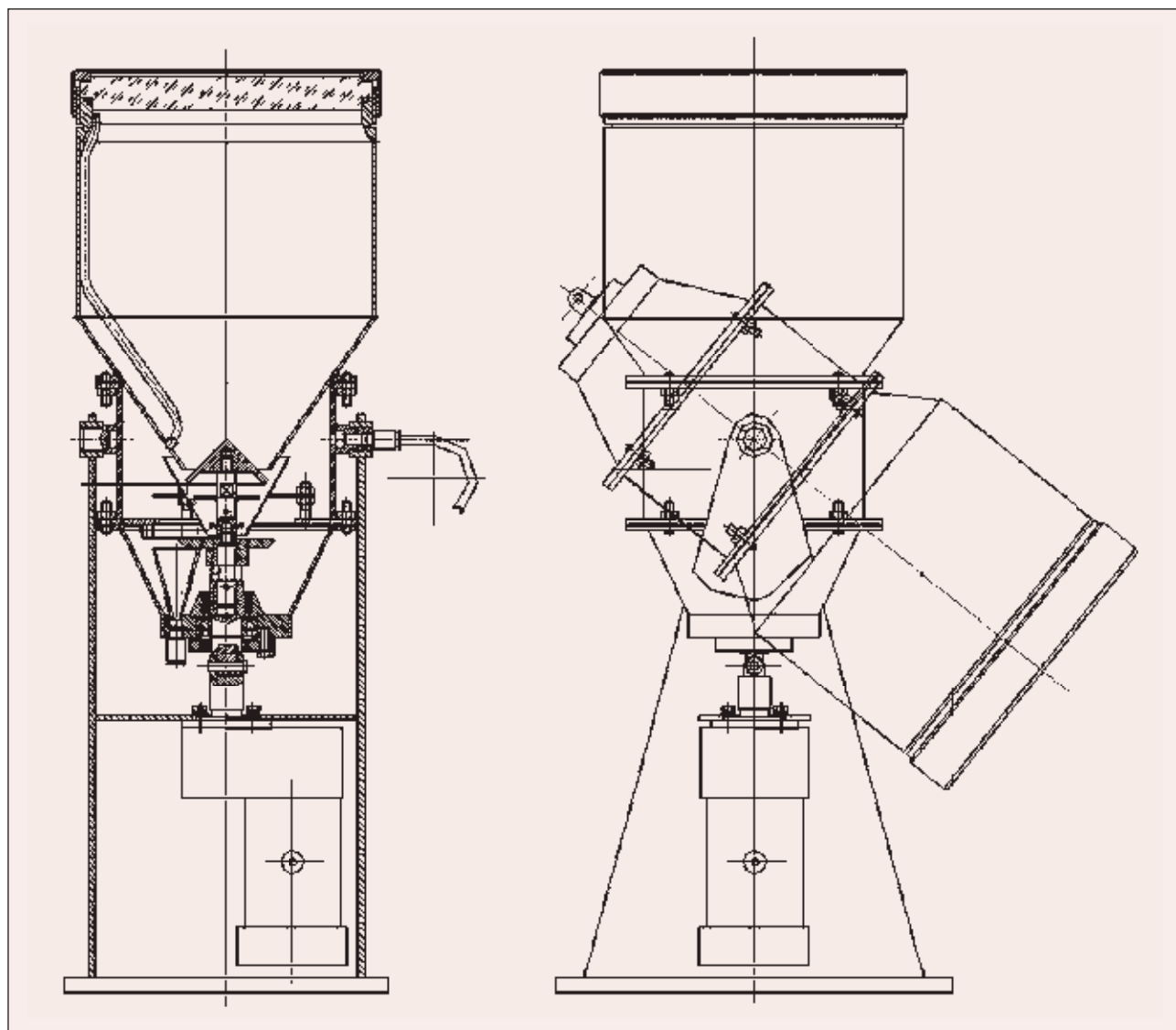
Бачок питателя цилиндрической формы вместимостью 5 л плотно закрывается крышкой, изготовленной из прозрачного оргстекла для удобства проверки наличия порошка в бачке. Прозрачная крышка закреплена на бачке специальной накладной обечайкой с внутренней резьбой. Бачок снабжен предохранительным клапаном, который открывается при давлении в бачке более 0,3 МПа. Через дополнительный штуцер в корпусе клапана подается транспортирующий газ. В днище бачка имеется воронка с нишпелем для приема и выхода газопорошковой смеси.

Механизм дозирования порошка состоит из неподвижных (съёмное днище с приемной воронкой, формирующим прямым конусом и скребком) и подвижных деталей (тарелка с обратным конусом и рыхлителями).

Порошок через зазор между обратным и прямым конусом поступает в бачок, где механизм дозирования отмеряет заданную порцию порошка, которая не зависит от степени наполнения бачка. Таким образом исключается влияние количества порошка в бачке на производительность питателя. Транспортирующий газ оказывает одинаковое давление на поверхность порошка в бачке и на механизм дозирования. Тем самым исключается влияние транспортирующего газа на производительность питателя.

Рыхлители, установленные на одной оси с механизмом дозирования, перемешивают нужный объем порошка.

Рис. 3. Порошковый питатель-дозатор



Производительность питателя плавно регулируется скоростью вращения тарелки практически от нулевой до максимальной. Кроме того, диапазон регулирования (верхний предел) можно настраивать, смещая вверх-вниз прямой конус и изменяя кольцевой зазор между тарелкой и прямым конусом.

Все измерения и расчетные данные отображаются графически и численно и сохраняются в архиве результатов измерений. По мере накопления информации она либо стирается, либо переписывается на стационарный компьютер.

Вычисляют следующие зависимости:

- мощность плазмотрона $W_{эл} = I_d \cdot U_d$, кВт;
- потери в катодe $W_k = 4,18 \cdot \Delta T_k \cdot G_k$, кВт;
- потери в аноде $W_a = 4,18 \cdot \Delta T_a \cdot G_a$, кВт;
- полезная мощность плазмотрона $W_c = W_{эл} - W_k - W_a$, кВт;
- расход воздуха, м³/ч;
- расход горючего газа, м³/ч;
- расход газовой смеси, м³/ч;
- коэффициент избытка окислителя;
- энтальпия плазменной струи $E = W_c / G_{см}$, кВт·ч/м³;
- температура плазменной струи, °С;
- скорость плазмы, м/с;
- производительность питателя в зависимости от выбранного материала, кг/ч: оксид алюминия, никельхромборкремниевый сплав.

При снижении расхода жидкости или температуры относительно начального значения на 10% появляется тревожный сигнал системы охлаждения. Предусмотрена возможность отключения этого сигнала оператором, если динамика падения давления в питающей магистрали не носит катастрофического характера. При этом фиксируется текущее значение расхода воды, с которым в дальнейшем происходит аналогичное сравнение.

Возможен выбор единиц измерения расхода газов: л/мин, м³/ч. Расход газа определяют для каждого типа газа с возможностью сохранения калибровочных установок. Предусмотрена возможность активации и отключения каждого из каналов как на стадии подготовки к пуску, так и в ходе измерений. Изменение расхода газа в каждом из активированных каналов отображается графически с возможностью изменения масштабов по обеим осям. Рядом с графиком каждого активированного канала отображается род газа, уставка и текущее значение расхода. Если разница уставки и измеренного значения расхода превышает установ-

ливаемый оператором порог, включается тревожный сигнал.

Температуру охлаждающей жидкости измеряют на входе и выходе каждого из каналов системы охлаждения. Единицы измерения температуры выбирает пользователь: °С, °F, К. Предусмотрена калибровка применяемых термометров сопротивления для каждого канала.

Настройку можно проводить непосредственно перед циклом измерений, предусматривая возможность автоматического считывания данных настройки последнего проведенного цикла измерений. Запуск плазмотрона блокируется при превышении разрешенного диапазона расхода воды и газов. Это позволяет избежать поджига дуги в отсутствие охлаждения или плазмообразующего и транспортирующего газов.

Архив результатов измерений представляет собой файлы, каждый из которых несет информацию об одном цикле измерений. Номер цикла и дата его проведения зашифрованы в названиях этих файлов.

На базе программного комплекса COSMOSFloWorks создана модель, позволяющая рассчитывать гидродинамические и теплообменные процессы при вдувании порошка в плазменную струю. В этом комплексе движение и теплообмен текучей среды исследуют по уравнениям Навье-Стокса, описывающим в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии текучей среды, а также моделируют теплопередачу в твердых телах с учетом композиционной структуры с различными тепловыми сопротивлениями.

В результате решения математических уравнений, описывающих физические процессы в плазменном двухфазном потоке и на ограничивающих поверхностях с элементами конструкции с водяным охлаждением, получены данные о распределении температурных полей и текучих средах, а также о полях скоростей.

Поскольку в программном комплексе COSMOSFloWorks не рассчитываются фазовые переходы (испарение материала частиц), то результаты расчетов могут быть использованы для технологических оценок и как вспомогательный материал для исследования собственно процесса разгона и нагрева частиц до их столкновения с основой. Это позволяет оператору при подключении компьютера находить оптимальные режимы напыления исходя из свойств используемых порошковых материалов. ● #1144

Особенности локального индукционного нагрева труб с толщиной стенки 30 мм

Е.А. Пантелеймонов, канд. техн. наук, А.С. Письменный, д-р техн. наук,
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

Характерное для индукционного нагрева токами повышенной частоты генерирование энергии непосредственно в нагреваемое изделие позволяет получить высокие скорости нагрева в ограниченной по ширине зоне термического влияния. Такая особенность индукционного нагрева используется при термообработке сварных стыков трубопроводов, нагреве стыков труб под сварку и др.

При нагреве труб с толщиной стенки до 25 мм для обеспечения максимального КПД системы «индуктор—труба», минимального времени и равномерности нагрева рекомендуют применять частоту тока 150–850 Гц. Однако с увеличением толщины стенки трубы увеличиваются продолжительность нагрева и ширина зоны нагрева. Это может вызвать разупрочнение металла шва, снижение его прочностных характеристик и повреждение изоляционного покрытия труб, примыкающего к стыку. Необходима интенсификация процесса нагрева. Поскольку в условиях строительного-монтажной площадки возможны ограничения по мощности источника индукционного нагрева, одним из способов интенсификации процесса локального нагрева является увеличение частоты тока.

В настоящей работе приведены результаты поисковых исследований процесса локального нагрева трубы диаметром 630×30 мм из низкоуглеродистой стали токами частотой 2,4 кГц. Использовано нагревательное устройство в виде охватывающего одновиткового индуктора с П-образным

магнитопроводом и индуктирующим проводом круглого сечения диаметром 10 мм. Нагрев трубы осуществляли в режимах стабилизации напряжения индуктора при неизменных условиях согласования индуктора с источником нагрева (тиристорный преобразователь частоты ТПЧТ-160/2,4). Удельную мощность источника нагрева определяли как $p_0 = UI/S$, кВт/см², где U и I — соответственно напряжение и сила тока нагрузки выпрямителя источника, S — условная площадь «настила тока» на наружной поверхности трубы, см². Ширина «настила тока» принята равной диаметру индуктирующего провода индуктора. Для измерения температуры трубы применяли хромель-алюмелевые термоэлектрические преобразователи. Горячие спаи преобразователей крепили вдоль наружной и внутренней поверхностей трубы на расстояниях до $L=60$ мм от центра индуктирующего провода индуктора.

На рис. 1 показаны временные зависимости температуры поверхностей трубы. При низком значении удельной мощности $p_{01}=0,1$ кВт/см² (рис. 1, а) высокая скорость нагрева $\Delta T/\Delta t=250$ °С/мин характерна для наружной поверхности трубы под индуктором ($L=0$ мм, зависимость 1) в течение первой минуты нагрева. По мере удаления от центра индуктора скорость нагрева уменьшалась. В точках наружной поверхности трубы на расстоянии $L=15$ мм (зависимость 2) и внутренней поверхности трубы

Таблица 1. Распределение температуры на поверхностях трубы при удельных мощностях $p_{03} > p_{02} > p_{01}$

Удельная мощность, кВт/см ²	$\Delta T/\Delta L$, °С/мм, на участках L , мм		Температура, °С, на расстоянии L , мм		Поверхность трубы
	0–15	15–60	0	60	
$p_{01}=0,1$	18	6,6	770	200	Наружная
	1,0	5,1	460	210	Внутренняя
$p_{02}=0,3$	10,6	7,3	870	380	Наружная
	4,0	7,3	680	290	Внутренняя
$p_{03}=0,4$	13,3	7,3	910	380	Наружная
	6,2	6,4	760	380	Внутренняя

Рис. 1. Временные зависимости температуры наружной (1, 2, 3) и внутренней (4, 5, 6) поверхностей трубы в точках на расстоянии $L=0$ мм, $L=15$ мм и $L=60$ мм от центра индуктора при удельных мощностях p_{01} (а) и p_{02} (б)

на расстояниях $L=0$ мм и $L=15$ мм (зависимости 4 и 5) скорости нагрева имели близкие значения, а на расстоянии $L=60$ мм (зависимости 3 и 6) были равны между собой и составили $35^\circ\text{C}/\text{мин}$. За время нагрева $t = 6$ мин на расстоянии $L=60$ мм температура наружной и внутренней поверхностей трубы достигла $200\text{--}220^\circ\text{C}$.

При увеличении удельной мощности до $p_{02} = 0,3 \text{ кВт}/\text{см}^2$ (рис. 1, б) проявляются особенности индукционного нагрева токами повышенной частоты. Вследствие концентрации энергии в активной зоне индуктора резко увеличилась скорость нагрева наружной поверхности трубы под индуктором ($L=0$ мм, зависимость 1) до $850^\circ\text{C}/\text{мин}$. По достижении температуры точки Кюри скорость нагрева уменьшилась до $5^\circ\text{C}/\text{мин}$. Через $t=5$ мин скорость нагрева вновь увеличилась до $30^\circ\text{C}/\text{мин}$. К моменту прекращения нагрева температура наружной поверхности трубы под индуктором повысилась до 870°C . На внутренней поверхности трубы под индуктором ($L=0$ мм, зависимость 4) скорость нагрева увеличилась до $400^\circ\text{C}/\text{мин}$. Через $t = 6$ мин температура достигла 680°C . На расстоянии $L = 15$ мм скорость нагрева наружной поверхности трубы (зависимость 2) больше, чем скорость нагрева внутренней поверхности (зависимость 5). На расстоянии $L=60$ мм от центра индуктора (зависимости 3 и 6) скорость нагрева наружной и внутренней поверхностей трубы составляла $70^\circ\text{C}/\text{мин}$. Температура в этих точках достигла $380\text{--}400^\circ\text{C}$.

При дальнейшем увеличении удельной мощности до $p_{03} = 0,4 \text{ кВт}/\text{см}^2$ процесс изменения температуры на поверхностях трубы можно проследить по данным, приведенным в табл. 1, и зависимостям $T(L)$, приведенным на рис. 2. Время нагрева $t = 6$ мин. На участке $L=0\text{--}15$ мм по длине наружной поверхности трубы (рис. 2, а) приращение

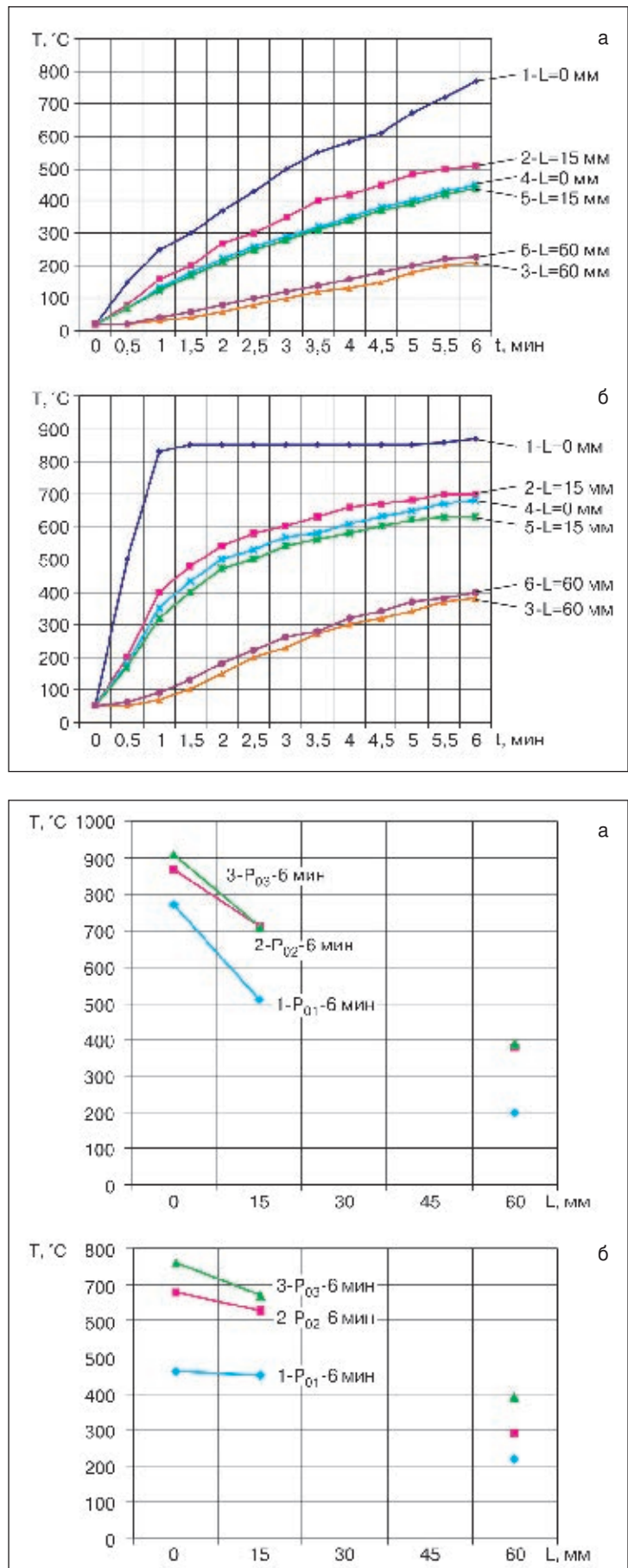


Рис. 2. Распределение температуры вдоль наружной (а) и внутренней (б) поверхностей трубы при удельных мощностях $p_{03} > p_{02} > p_{01}$ и времени нагрева $t = 6$ мин

Таблица 2. Температура наружной и внутренней поверхностей трубы, °С, на расстоянии L=0 мм и L=60 мм от центра индуктора при нагреве с обдувом и без обдува

Режим нагрева	Поверхность трубы	L=0 мм	L=60 мм
Без обдува	Наружная	840	800
С обдувом		300	210
Без обдува	Внутренняя	720	700
С обдувом		320	260

температуры $\Delta T/\Delta L$ увеличилось с 10,6 до 13,3 °С/мм. Под индуктором (L=0 мм, зависимость 3) температура поверхности трубы достигла 910°С, что выше температуры точки превращений A_{C3} (около 850°С). Рост температуры $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ (зависимости 2, 3). На участке L=15...60 мм параметр $\Delta T/\Delta L$ практически не изменился и составил 7,3 °С/мм. На расстоянии L=60 мм температура наружной поверхности трубы осталась на уровне 380–400°С.

На внутренней поверхности трубы (рис. 2, б) температура под индуктором (L=0 мм, зависимость 3) увеличилась до 760°С, однако не достигла температуры точки превращений A_{C3} . Рост температуры поверхности трубы под индуктором $\Delta T = 80^\circ\text{C}$ (зависимости 2, 3). На участках L=0...15 мм и L=15...60 мм параметр $\Delta T/\Delta L = 6,2...6,4^\circ\text{C}/\text{mm}$. На расстоянии L=60 мм температура внутренней поверхности трубы увеличилась до 380°С. Рост температуры в этой точке $\Delta T = 90^\circ\text{C}$.

Таким образом, при удельной мощности $p_{03} = 0,4 \text{ кВт}/\text{см}^2$ и времени нагрева t = 6 мин температура наружной поверхности трубы под индуктором достигла 910°С, внутренней поверхности трубы 760°С. Пе-

репад температуры по толщине стенки трубы составил $\Delta T = 150^\circ\text{C}$. Выравнивание температуры по толщине стенки трубы ($\Delta T = 0$) наблюдалось на расстоянии L=60 мм от центра индуктора. Наблюдалось преимущественное увеличение ширины зоны нагрева вдоль внутренней поверхности трубы. Интерполируя распределение температуры вдоль поверхностей трубы можно считать, что ширина зоны трубы с температурой более 200°С не превысила 170 мм.

Одним из способов ограничения ширины зоны нагрева является принудительный, спрейерный обдув поверхностей трубы. Для определения его эффективности воздушные спрейеры установили по периметру наружной и внутренней поверхностей трубы на расстоянии L=60 мм от центра индуктирующего провода индуктора. Обдув включили до начала нагрева трубы и выключили через 3 мин после его прекращения. Характер изменения температуры поверхностей трубы можно проследить по зависимостям, приведенным на рис. 3 и данным табл. 2.

При нагреве трубы в течение t=6 мин без обдува температура наружной поверхности трубы под индуктором (L=0 мм, зависимость 1) достигла 820°С, а на расстоянии L=60 мм от центра индуктора (зависимость 2) увеличилась до 300°С. Соответственно, на внутренней поверхности трубы (зависимости 3, 4) значения температуры 720°С и 320°С.

В условиях нагрева трубы с обдувом при сохранении $p_0 = \text{const}$ и $t = \text{const}$ температура наружной поверхности трубы под индуктором (L=0 мм, зависимость 5) не изменилась, а на расстоянии L=60 мм уменьшилась на $\Delta T = 90^\circ\text{C}$ (зависимость 6). На внутренней поверхности трубы температура уменьшилась $\Delta T = 60^\circ\text{C}$ (зависимость 8). Ширина зоны трубы, температура которой выше 200°С, уменьшилась с 150 до 130 мм вдоль наружной поверхности и с 160 до 135 мм вдоль внутренней поверхности трубы.

Анализ температурных полей в трубе диаметром 630 мм из низкоуглеродистой стали свидетельствует, что для термообработки, нагрева стыков труб под сварку можно рекомендовать для локального индукционного нагрева труб с толщиной стенки 30 мм и более частоту тока 2,4 кГц. Применение принудительного обдува зоны термического влияния способствует уменьшению ширины зоны нагрева и сохранению изоляционного покрытия труб, примыкающего к стыку.

● #1145

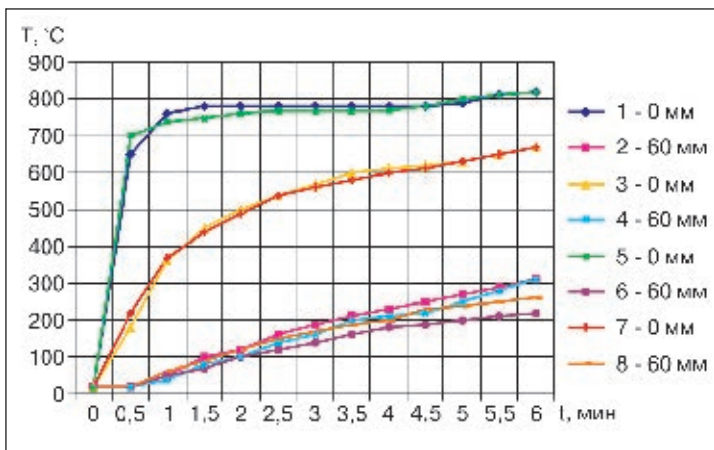
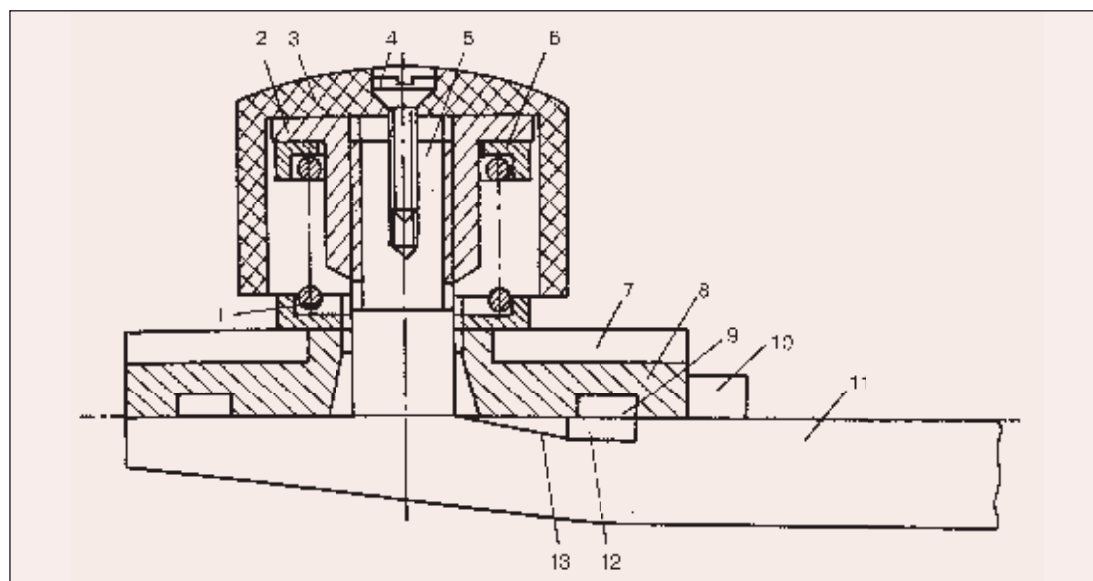


Рис. 3. Временные зависимости температуры поверхностей трубы на расстоянии L=0 мм и L=60 мм от центра индуктора: нагрев без обдува (1, 2 — наружная и 3, 4 — внутренняя поверхности); нагрев с обдувом (5, 6 — наружная и 7, 8 — внутренняя поверхности)

Электрододержатель

И. В. Поминчук

Электрододержатель (А.с. № 1299735) для ручной дуговой сварки плавящимися электродами благодаря автоматическому сбросу огарка и надежному зажиму электрода в различных угловых положениях позволяет повысить производительность труда.



Электрододержатель состоит из токоподводящего корпуса 11 с цилиндрической головкой, в которой выполнен поперечный паз 12 со скосом 13 (рисунок). На корпусе закреплены сбрасыватель огарка, выполненный в виде планки 10 со скосом, и ось 5. На оси установлен поворотный зажимной элемент 8. На нижнем торце поворотного элемента выполнены по хордам пазы 9 для установки электрода. Глубина пазов больше половины минимального диаметра применяемого электрода, ширина — больше максимально применяемого диаметра электрода. На верхнем торце элемента 8 выполнены радиальные пазы 7 на глубину и ширину максимального диаметра электрода для установки поворотного элемента в рабочее положение. На оси стержня в чашеобразных шайбах 6 установлена пружина 1, регулируемая гайкой 2 на требуемое усилие. Защитный колпачок 3 закреплен винтом 4. Поворотный элемент 8 и шайба имеют зазор по внутреннему диаметру относительно оси для компенсации их перекаса при установке электрода. Внутреннее отверстие поворотного элемента выполнено с конусом для уменьшения трения при его перекасе. На корпусе с цилиндрической головкой сделан сегментный срез для рас-

крытия паза зажимного элемента на позиции сброса.

Электрододержатель работает следующим образом. Электрод вставляют в паз 9, предварительно установленный напротив поперечного паза 12 корпуса, и поворачивают вместе с поворотным элементом относительно корпуса. Электрод скользит по скосу 13 до зажима между поворотным элементом и корпусом под необходимым углом. Благодаря хордовому положению паза 9 происходит надежный тококонтакт электрода с корпусом по всей длине стержня электрода.

При установке сменного электрода огарок, поворачиваясь вместе с элементом 8, попадает по сегментному срезу в открытую зону, скользит по скосу планки 10 и сбрасывается в сторону.

При установке другого электрода может произойти несовпадение пазов 9 и 12, тогда стержень сменного электрода вставляют в радиальный паз 7 на верхнем торце поворотного элемента и элемент проворачивают до совпадения пазов 9 и 12.

Электрододержатель повышает надежность крепления электрода, улучшает контакт электрода с токопроводящим корпусом, повышает производительность труда за счет автоматического сброса огарка. ● #1146

Установка для автоматической дуговой сварки шаровых кранов

Установка АС355 (рис. 1) создана специалистами ООО «НАВКО-ТЕХ» для дуговой автоматической МИГ/МАГ-сварки (одновременно или последовательно) двух многослойных круговых швов шаровых кранов с Ду 80, 100, 150 и 200 мм.

Масса изделий — до 750 кг, толщина свариваемых деталей — 5–40 мм, диаметр — до 600 мм. Материал — сталь 20 (ГОСТ 1050-88), 09Г2С (ГОСТ 19281-89), 12Х18Н10Т (ГОСТ 5632-72). Сварные соединения — многослойные стыковые односторонние с V-образной разделкой кромок и тавровые.

Сварку крана выполняют в собранном виде — с установленными внутри уплотнительными полимерными кольцами. С этим связана главная особенность и сложность сварки таких изделий — недопустимость нагрева корпуса крана выше 100°C. Для этого корпус крана (после сварки корневого шва) охлаждают проточной водой. Подача и слив воды осуществляются через поворотные муфты, установленные на вращателе и «холостой бабке» (рис. 2). Температуру контролируют с помощью двух пирометров с индикацией

текущих значений на пульте управления (рис. 3). Предусмотрен допусковый контроль порогового значения температуры.

После каждого прохода сварку прерывают и проводят механическую зачистку шва. В связи с этим смещение горелки после каждого прохода (раскладка валиков) выполняют вручную с помощью двухкоординатного корректора положения горелки. Облицовочный шов (рис. 4) выполняют с колебаниями горелки. Колебания обеспечивают плавную настройку амплитуды и частоты поперечных синусоидальных колебаний.

Последовательность работы установки:

- сварщик вручную, на отдельном рабочем месте собирает свариваемые детали в сборочно-сварочном приспособлении;
- собранную в приспособлении заготовку крана фиксируют на установке с помощью пневмоприжима;
- после нажатия кнопки «Пуск» автоматически выполняются следующие операции: опускание механизма ориентации изделия; опускание горелки для сварки в начало корневого прохода; зажигание дуги при неподвижном изделии; вращение изделия со сварочной скоростью и с перекрытием начала и конца шва; заварка кратера и подъем горелки в исходное положение;

Рис. 1. Установка АС355 для автоматической дуговой МИГ/МАГ-сварки многослойных круговых швов корпуса шарового крана



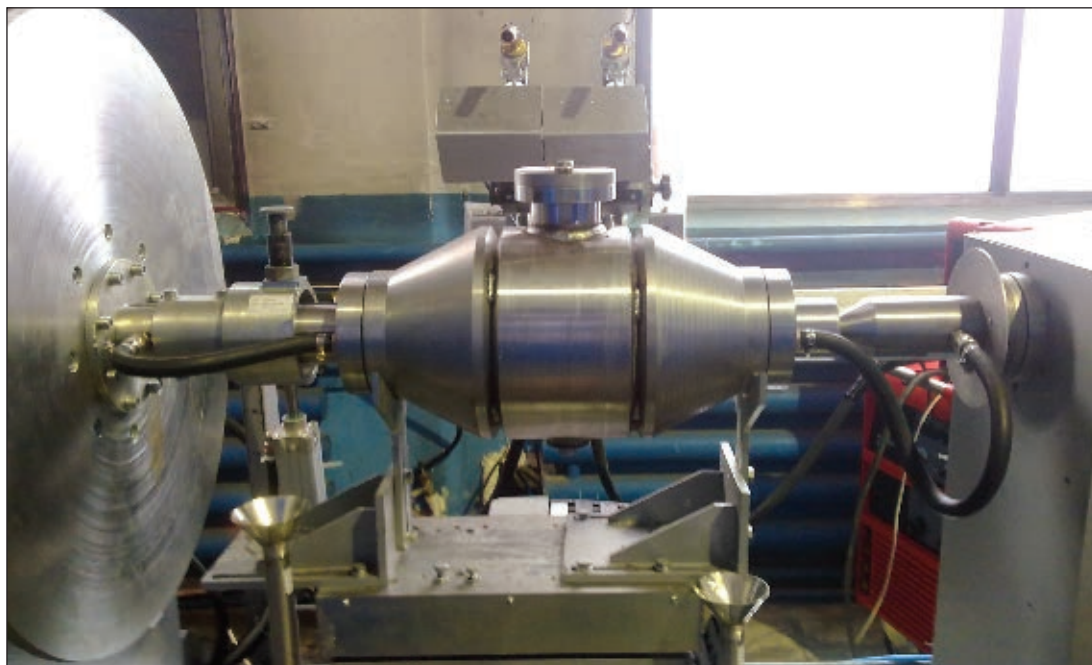


Рис. 2. Подготовленный для сварки корпус шарового крана с подводом охлаждающей воды

Рис. 4. Сваренный корпус (облицовочные швы сварены с колебаниями горелки)



Рис. 3. Пульт управления установкой АС355



- оператор установки выполняет последовательно сварку заполняющих проходов (с ручной раскладкой слоев);
- оператор включает режим сварки с колебаниями горелки и выполняет сварку облицовочного слоя.
Установка обеспечивает:
- программное управление всеми механизмами и устройствами оборудования, а также диагностику их состояния от контроллера;
- контроль положения горелки, фиксацию изделия и давления в пневмосети;
- плавное регулирование параметров режима сварки (регулирование напряжения дуги – плавно-ступенчатое);
- возможность переналадки для сварки изделий другой длины и диаметра за счет

- изменения положения холостой бабки, смены приспособления и настройки параметров режима сварки;
- возможность подвода и отвода проточной воды к сваренному изделию и последующего его вращения для обеспечения равномерного охлаждения.

Установка АС355 внедрена и успешно эксплуатируется в ООО «Яргазарматура», (Чайковский, Пермская обл., Россия).

С более подробной информацией о предприятии «НАВКО-ТЕХ» и выпускаемом оборудовании для автоматической и роботизированной дуговой сварки можно ознакомиться на сайте: <http://www.navko-teh.kiev.ua>.

Публикуется на правах рекламы.

• #1147

Гибридная лазерная сварка в судостроении*

Герберт Штауфер, Fronius International GmbH

В судостроении достижение высокого качества продукции и повышение производительности, внедрение инноваций имеют решающее значение для достижения успеха. Особенно это касается сварочных процессов, поэтому цель состоит в разработке новых, более производительных технологий сварки.

В сварочных технологиях большую роль играют, с одной стороны, высокая скорость и низкий уровень деформаций, с другой — хорошие механические свойства шва. Однако одновременное достижение этих характеристик с помощью обычного процесса лазерной сварки проблематично.

Сварка лазерным лучом и сварка плавящимся электродом в среде инертного газа используются очень давно, и оба процесса имеют широкое применение. Объединение этих двух процессов с использованием различных типов лазеров, таких как CO₂-, Nd:YAG- и волоконный лазеры, открывают новые возможности. В данной работе исследованы комбинации двух сварочных процессов с использованием разных лазеров, а именно сочетание CO₂-, Nd:YAG- и волоконного лазеров с дуговым GMAW-процессом.

Лазерная сварка обладает большим потенциалом при сварке конструкционных сталей благодаря таким привлекательным свойствам, как высокая скорость сварки, низкий уровень деформаций и удобство автоматизации процесса. Применение гибридной лазерно-дуговой и GMAW-сварки обеспечивает увеличение скорости и большую глубину провара, что дает дополнительные преимущества. Оба способа сварки — лазерную и дуговую — уже давно применяют для сварки широкого спектра материалов. Каждый из этих процессов имеет свои специфические области применения, которые обусловлены физическими процессами переноса энергии в заготовку и энергетическими потоками, получаемыми при объединении лазерного излучения с электрической дугой.

Лазерное излучение передается на материал при помощи волоконно-оптического кабеля или зеркал. Электрическая дуга передает теплоту, необходимую для сварки, через столб сварочной дуги. Лазерное излу-

чение обеспечивает узкую зону термического влияния с большим отношением глубины провара к ширине шва. Вероятность схлопывания парогазового канала при лазерной сварке очень мала из-за малого фокального пятна сфокусированного лазерного луча. При этом можно достигать высокой скорости сварки.

Процесс дуговой сварки обладает намного меньшей плотностью энергии, но характеризуется большим «фокусным» пятном на поверхности обрабатываемой детали и более низкой скоростью процесса. Путем слияния этих двух процессов может быть улучшен эффект воздействия на свариваемое изделие. В конечном счете, это даст возможность как получения преимуществ в качестве выполнения производственно-инженерных задач, так и повышения экономической эффективности. Применение этого процесса в судостроительной промышленности интересно и экономически привлекательно, не в последнюю очередь, благодаря более высокому качеству сварных конструкций, малому коэффициенту формы шва и высоким механическим и, достигаемым при этом технологическим характеристикам.

Как комбинировать лазерный луч и дугу в совместном процессе сварки, было известно еще с 1970-х годов, но разработки в этом направлении длительное время не велись. Недавно исследователи снова обратили внимание на эту тему и попытались объединить преимущества дуги с преимуществами лазера в единый, гибридный сварочный процесс. Толчком к этому послужило развитие лазерной техники. Если раньше эта техника должна была доказывать свою пригодность в промышленности, то сейчас она является стандартным технологическим оборудованием на многих промышленных предприятиях.

Комбинация лазерной сварки с другими сварочными процессами называется гибридным сварочным процессом. Имеется в виду, что лазерный луч и дуга действуют одновременно в одной зоне сварного соединения, взаимодействуют и дополняют друг друга.

* Статья опубликована в журнале *Schweiß und Pruftechnik*.

Особенности лазерной сварки. Лазерная сварка требует не только большой мощности лазерного излучения, но и высокого качества лазерного луча для получения желаемого эффекта — глубокого проплавления. Фокусировка луча высокого качества может быть использована для получения либо меньшего размера фокального пятна, либо большего фокусного расстояния. Количество энергии на единицу длины находится на очень низком уровне, что снижает остаточные деформации и усилия по выравниванию сваренных деталей. Как и в современных автоматизированных сварочных дуговых системах, автономное программирование, система слежения за швом и адаптивный контроль сварки, безусловно, необходимы также и при лазерной сварке больших заготовок.

Максимальный допустимый зазор между свариваемыми деталями — приблизительно 0,1–0,2 мм без использования присадочной проволоки, в то время как более широкий зазор требует добавления некоторого материала, поэтому присадочная проволока обычно используется при монтаже для увеличения зазора до 0,4 мм. В исследованиях использовали применяемый в промышленности CO₂-лазер мощностью 12 кВт. С помощью зеркал лазерный луч передавался от лазерной установки на заготовку. Луч лазера фокусировался на рабочей поверхности заготовки с помощью модуля фокусировки с фокусным расстоянием до 300 мм. Для данного исследования также использовали YAG-лазер с ламповой накачкой мощностью 4 кВт и волоконный лазер мощностью 7 кВт.

Гибридная лазерная сварка. Для сварки металлических деталей луч лазера фокусируется с интенсивностью выше 10⁶ Вт/см². Когда лазерный луч попадает на поверхность материала, он нагревает это место до температуры испарения, и из-за образующихся паров металла в сварном шве возникает паровая полость. Отличительной особенностью сварного шва является высокий коэффициент отношения его глубины к ширине. Плотность потока энергии сварочной дуги немного выше 10⁴ Вт/см².

На рис. 1 показан основной принцип переноса металла при гибридной сварке. На рисунке изображены канал подачи тепловой энергии лазерного луча на верхнюю часть шва, дополняющий подачу теплоты от дуги. В отличие от комбинированной сварки, при которой два отдельных сварочных процесса действуют последовательно, гиб-

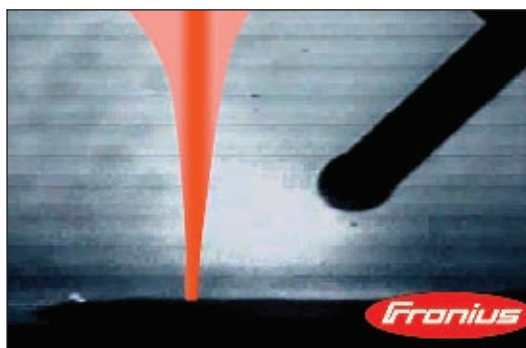


Рис. 1. Схематическое представление процесса лазерной GMAW-сварки



ридную сварку можно рассматривать как сочетание обоих процессов, действующих одновременно в одной и той же зоне сварки. В зависимости от того, какой процесс (дуговая или лазерная сварка) используется, и от параметров этих процессов будет зависеть получаемый результат — в разной степени и разными способами.

Благодаря сочетанию процессов лазерной и дуговой сварки (рис. 2) происходит увеличение как глубины провара, так и скорости сварки. Пары металла, испаряемые из паровой полости, воздействуют на плазму сварочной дуги. Поглощение лазерного излучения плазмой при обработке остается незначительным. В зависимости от того, какая из двух мощностей преобладает, характер процесса в целом может определяться в большей или меньшей степени либо лазерной, либо дуговой сваркой.

Одним из предварительных условий для реализации гибридной сварки в судострое-

Рис. 2. Сочетание процессов лазерной и дуговой сварки

нии является возможность достаточно хорошего перекрытия зазора между свариваемыми деталями. По этой причине исследования были направлены на достижение перекрытия максимального зазора. Тот или иной размер зазора обеспечивается при помощи регулировки нескольких параметров процесса. Более высокие требования к обработке кромок корневого шва требуют неизбежной регулировки мощности лазера. Кроме того, скорость сварки и скорость подачи проволоки должны быть скорректированы до фактической глубины обработки кромок, которая меняется в зависимости от угла направления сварки и корневого зазора.

Сравнение гибридной лазерной сварки с другими процессами.

Исследования с использованием CO₂-лазера. Высокая квантовая эффективность CO₂-лазера, имеющего коэффициент эффективности до 20%, относительная простота его применения и управляемость являются причинами того, что этот тип лазеров получил широкое распространение при лазерной обработке материалов в промышленности. CO₂-лазер характеризуется высокой выходной мощностью — до 50 кВт. При исследованиях на верфи «Мейер» (Паненбург, Германия) был использован CO₂-лазер фирмы «Лазерные технологии Trumpf» и источник питания с цифровым управлением Fronius TPS 5000. Габаритные размеры этой лабораторной установки 4,5×13 м. В пределах зажимного устройства, которое использовалось, можно было сваривать изделия размером от 300 до 2000 мм. Используемым материалом была сталь Град А, которая применяется в судостроении, с обычной подготовкой под сварку (Lindokote Shoprimmer). Сварочные испытания проводились на стыковых и угловых швах, в нижнем положении PA/PB без использования подкладок.

Исследования проводились на вышеупомянутых стыковых сварных швах с материалом толщиной до 15 мм. Процессы дуговой сварки под флюсом, гибридной лазерной и лазерной сварки с использованием присадочной проволоки сравнивали друг с другом (*таблица*). Процесс дуговой сварки под флюсом обеспечивает зазор между свариваемыми деталями от 2 до 5 мм при использовании материалов толщиной 12 мм. Применение гибридной лазерной сварки позволяет достичь зазора до 1 мм при толщине материала до 15 мм, а скорость сварки повысить в три раза по сравнению со скоростью дуговой сварки под флюсом и в два раза — по сравнению со скоростью лазерной сварки с использованием присадочной проволоки. При лазерной сварке с присадочной проволокой достигается зазор до 0,4 мм при использовании материала толщиной до 15 мм. Были исследованы материалы четырех различных толщин — 5, 8, 12, 15 мм для оценки максимальной скорости сварки при максимальном зазоре. С помощью фундаментальных исследований было изучено влияние экранирования лазерного излучения такими газами, как гелий и аргон в процессе гибридной лазерно-дуговой сварки. Была установлена необходимость преобладания гелиевой фракции в защитном газе при сварке мощными CO₂-лазерами.

Гибридная лазерная GMA-сварка применяется в судостроении с использованием грузочных порталов на верфи «Мейера». Здесь в заводских условиях изготовление палубы судов полностью автоматизировано по технологии, разработанной на этой верфи. Благодаря этому способу можно сваривать двадцатиметровые секции без поворота панели. В заводском цеху установлены две установки для стыковой сварки. С помощью этих установок можно сваривать пластины толщиной до 15 мм со скоростью сварки до 3,0 м/мин. Для жесткости к палубам и стенкам приваривали крепления длиной до 12 м и толщиной до 12 мм. Перед сваркой соединения обрабатывали на фрезерном станке для достижения высокой точности кромок.

Исследования с использованием волоконного лазера. В настоящее время значительное количество волоконных лазеров мощностью до 10 кВт созданы компанией IPG-Photonics, которая имеет свою штаб-квартиру и завод в Оксфорде, штат Массачусетс и два завода в Европе. Основная технология, используемая компанией, включает

Таблица. Сравнение параметров гибридной лазерной сварки с альтернативными процессами

Параметр	Сварка под флюсом	Гибридная лазерная сварка	Лазерная сварка с присадкой
Скорость, %	100	300	150
Толщина, мм	Менее 12	Менее 15	Менее 15
Зазор, мм	2–5	0–1	0–0,4
Остаточные деформации, мм/м	Менее 1,5	Менее 0,2 м	Менее 0,1
Структурные превращения	Не критично	Не критично	Критично
Усталость	Хорошо	Очень хорошо	Критично

активные волокна для лазеров и технику накачки, которая позволяет использовать широкий спектр многомодовых диодов вместо обычных, что приводит к увеличению срока службы диодов.

Такие устройства могут быть изготовлены из катушки с обмоткой из нескольких наплавленных волокон, легированных иттербием, с длиной волны излучения от 1,07 до 1,08 мкм. В качестве альтернативы можно использовать устройства с волокнами, легированными тулием с длиной волны излучения от 1,8 до 2,0 мкм или эрбием с длиной волны от 1,54 до 1,56 мкм. Энергия накачки диода доставляется в зону активной среды с помощью многомодовых волокон, которые соединены с несколькими наплавленными на катушку. Лазерный резонатор создается непосредственно в активном слое волокон. Излучение волоконного лазера выходит через пассивные одномодовые волокна с диаметром сердцевины около 6 мкм. В результате луч лазера имеет малую величину дифракции и, если лазер оснащен интегральным коллиматором, создается строго параллельный луч. Например 100-ваттный одномодовый волоконный лазер имеет половинный угол расходимости 0,13 мрад при коллимированном луче до 5 мм в диаметре.

В настоящее время максимальная мощность промышленных одномодовых IPG-волоконных лазеров равна 200 Вт. Большую мощность получают с помощью использования нескольких лазеров.

Лазерное излучение собирается при помощи собственного собирателя луча, в результате чего получают монохроматический луч высокого качества. Например, блок мощностью 1 кВт будет состоять из 10 отдельных волоконных лазеров в общем корпусе. Хотя при этом луч становится уже не одномодовым, это объединение 7–10 волоконных лазеров лучше, чем использование мощных твердотельных лазеров. Луч от волоконного лазера мощностью 7 кВт может быть доставлен через волокно диаметром 300 мкм. Могут быть созданы различные профили выходного луча, в том числе приблизительно прямоугольной формы. Лазер на волокнах иттербия имеет КПД от 16 до 20%. Лазеры на волокнах эрбия и тулия показывают меньшую эффективность, но тем не менее более эффективны, чем обычные твердотельные YAG-лазеры. Есть определенные сферы их применения, где эти длины волн являются наилучшим выбором. Такие устройства разрабатываются, поскольку

в промышленности есть спрос на лазеры с производительностью, как у Nd:YAG-лазеров. Они более безопасны для глаз, чем CO₂-лазеры. В одномодовых волоконных лазерах непрерывного действия можно модулировать частоту до 50 Гц с длительностью импульсов менее 10 мс.

В настоящее время доступны три суперимпульсные версии с максимально короткой длительностью импульса — 1 нс и энергией импульса до 1 мДж. При импульсе 10 нс многомодовых видов CW-лазеров их мощность составляет от 300 Вт до 10 кВт.

Применение волоконного лазера имеет ряд преимуществ для промышленного использования. Пятно от блока волоконного лазера мощностью 4 кВт составляет 0,5 мм² по сравнению с 11 м² пятна обычного Nd:YAG-лазера с ламповой накачкой, для него не существует никаких требований к охлаждению. Волоконные лазеры имеют преимущества в обслуживании на протяжении всего срока службы, так как нет необходимости в замене лампы вспышки или диодов.

Высокий электрический КПД значительно снижает эксплуатационные расходы. Лучшее качество лазерного луча позволяет пользователю создавать пятно диаметром, существенно меньшим, чем при использовании обычных лазеров, что приводит к увеличению скорости лазерной обработки и большим рабочим расстояниям (1 кВт может быть сфокусирован в пятне 5 мкм с помощью четырехдюймовых линз).

Стоимость волоконных лазеров с выходной мощностью до 1 кВт ниже или сопоставима со стоимостью YAG-лазеров с ламповой накачкой. В то же время стоимость приобретения волоконного лазера с мощностью более 1 кВт выше. Однако, если принимать во внимание все факторы: площадь пятна фокусирования, охлаждаемость, техническое обслуживание и т.д., то волоконные лазеры должны быть экономически более эффективными, чем стержневые твердотельные Nd:YAG-лазеры с эквивалентной мощностью.

В последнее время на европейских заводах были созданы несколько волоконных лазеров в бета-версии мощностью выше 1 кВт. Эти лазеры безупречно работали на протяжении нескольких смен, демонстрируя свою надежность и такую производительность, которая возможна только для гораздо более мощных лазеров. С помощью бета-устройства мощностью 2 кВт была выполнена сварка внахлест автомобильной оцинкованной стали толщиной 1,2 мм со

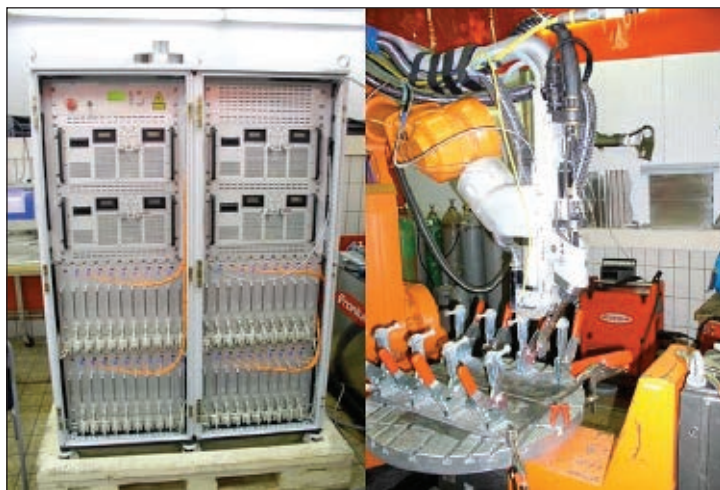


Рис. 3. Установка гибридной лазерной сварки с волоконным лазером (мощность лазера 6,5 кВт, основной материал S235JR, присадочная проволока G3Si1)

скоростью сварки 5 м/мм. Качество и производительность сварки сравнимы с этими же показателями при использовании стержневого Nd:YAG-лазера с ламповой накачкой мощностью 4 кВт. С помощью двухкиловаттного волоконного лазера с диаметром волокон 300 мкм осуществлялась резка стали с чистыми острыми краями с покрытием толщиной 4 мм на скорости 10 м/мин. Максимальная скорость резки — 16 м/мин.

Исследования, проведенные в гибридно-лазерной лаборатории R&D отделения «Fronius» в Уэльсе, показали, что объединение 7 кВт волоконного лазера с дуговым процессом дает возможность сваривать высоколегированные стали толщиной до 8 мм. На рис. 3 показана лабораторная установка для гибридной лазерной сварки на основе волоконного лазера с IPG.

Исследование свариваемости твердотельным лазером с ламповой накачкой мощностью 4 кВт. Были исследованы технические возможности Nd:YAG-лазеров с выходной мощностью более 4 кВт и связанная с этим эффективность эксплуатации таких систем. Во всех исследованиях рассматривалось использование CO₂-лазеров или лазеров на иттрий-алюминиевом гранате с добавлением неодима (Nd:YAG). Неблагоприятным свойством CO₂-лазеров является экранирование излучения плазмой, обусловленное длиной волны в 10,6 мкм и усложненным управлением лучом с помощью неупругой системы зеркал, которые делают мобильное применение CO₂-лазера практически невозможным. В промышленных роботах или мобильных установках используют главным образом Nd:YAG-лазеры. В последнее десятилетие широко применяют твердотельные лазеры такого типа, и масштабы их промышленного применения уве-

личиваются. Благодаря длине волны в 1,06 мкм, луч лазера может передаваться с помощью гибкого оптоволоконного кабеля даже на расстояние больше 70 м, что позволяет создавать трехмерные рабочие места для сварки с использованием роботов.

Эффект плазменного экранирования в этом случае отсутствует, поэтому для дуговой сварки в среде защитных газов могут быть использованы оптимальные газы для стабильности горения дуги, уменьшается разбрызгивание при соединении металлов, создается защитный эффект. С помощью системы управления лазерной установкой на нескольких сварочных постах может быть обеспечен доступ к одному источнику лазерного излучения. Таким образом, продуктивность и расходы могут быть оптимизированы.

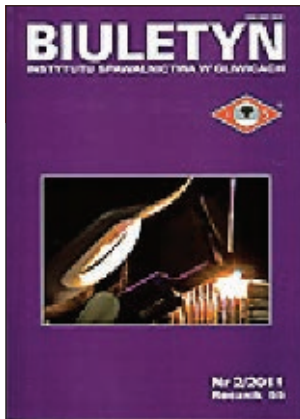
Мощные Nd:YAG-лазеры появились на рынке сравнительно недавно, кроме того, их стоимость достаточно высока по сравнению со стоимостью CO₂-лазеров. Их выходная мощность ниже, лазеры предлагаются в диапазоне мощностей до 6 кВт. В Японии делаются попытки создать класс лазеров мощностью 10 кВт. От идеи создания таких лазеров не отказываются, даже несмотря на опасность отраженного излучения, которое с расстояния в несколько метров опасно для незащищенных глаз.

Гибридная лазерно-дуговая GMAW-сварка представляет собой совершенно новую технологию, которая демонстрирует синергетические эффекты для широкого спектра применения, в частности в судостроении, и особенно там, где обеспечение необходимых для лазерной сварки допусков соединяемых деталей невозможно или выполнимо лишь при высоких затратах. Гораздо более широкий спектр применения и большие возможности гибридного процесса приводят к повышению его конкурентоспособности с точки зрения инвестиций, сокращения времени изготовления, повышения производительности. Большим преимуществом гибридной лазерной сварки является низкий уровень деформаций и переработок после сварки.

Настоящее исследование показывает возможности применения CO₂-, YAG- или волоконных лазеров, а также гибридного лазерно-дугового GMA-процесса для сварки заготовок значительных толщин.

Перевод В.Г. Абрамишвили,
Г.В. Абрамишвили

● #1148



Содержание №2–2011 журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша)

Конференции, семинары, выставки

M. S. Weglowski. Технология сварки трением с перемешиванием — новые возможности

M. Urzyncok, K. Kwiecinski, R. Jachym. Опыт стыкового соединения труб из стали P92 (X10CrWMoVNb9-2) способом МАГ-сварки

A. Klimpel. Новые источники возобновляемой энергии — новые возможности сварочной технологии. Европейский проект — European SET-Plan

St. Gubala, M. Fidali. Метод диагностики сварного соединения на основе анализа выбранных параметров сварки

B. Slazak. Использование линейной регрессии при определении универсального показателя стабильности процесса сварки покрытым электродом

J. Sloma, I. Szczygiel, A. Sachajdak. Проверка термических явлений при наплавке с помощью тепловизора

M. Urbanski. Сварка крупногабаритных элементов консоли V-типа винтовых валов на судах

H. Pasek-Siurek. Плазменная сварка. Процессы и оборудование

Деятельность Международного Института Сварки

Новые книги

Новое сварочное оборудование и материалы

Новости компаний



Содержание №5–2011 журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша)

J.Kabanowski, M.Glowacka. Высокотемпературная стойкость стали и сварных соединений в тепловой среде

J. Skoracki. Производство ветровых агрегатов в Stoczni Gdansk

R. Pakos. Свойства сварных соединений, выполненных основными и целлюлозными электродами

J.Stabryla, K.Dutka. Качество сварных соединений и безопасность эксплуатации сосудов давления

K. Dutka, J.Stabryla. Причины возникновения трещин в сварных элементах сосудов

S.Selling, R.Steusloff. Влияние предварительного подогрева

ацетиленом, пропаном и метаном на свойства мелкозернистой стали



Содержание №1–2011 журнала «Welding & Material Testing» (Румыния)

D.D. Cioclov. Моделирование данных испытаний материала. Метод «BOOTSTRAP». Часть I — Теоретические основы

F. Zech, H. Cramer, L. Appel, M. Serve. Орбитальная сварка трением с перемешиванием металлических и разнородных материалов при соединении неповоротных симметричных секций

R.A. Rosu, V.A.Serban, D.R. Pascu, S. Dragoi. Структура и механические свойства покрытий из нитрида титана, полученных плазменным тепловым напылением

R. Grimberg, A.Savin, R. Steigmann, A. Andreescu. Tsai Wu критерий проверки на отказ углеродистого тканого волокна, используемого для укрепления пластмассы

T. Aburuga, A. Sedmak, S. Sedmak, G. Adziew, I. Hut. Моделирование методом конечных элементов разломанного сварного образца — влияние недосчета и пересчета

B. Younise, M. Rakin, B. Medjo, A. Sedmak. Локальный подход для предупреждения инициирования вязкого разрушения в сварных образцах

Іонізація повітря під час зварювання

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України

Відомо, що під дією зварювальної дуги повітря робочої зони частково іонізується і, потрапляючи в органи дихання працюючих, може негативно впливати на них. Цьому шкідливому виробничому фактору останні десятиліття не приділялась належна увага. Мета даної статті — ознайомлення фахівців зварювального виробництва з проблемами, що виникають в результаті іонізації повітря зони дихання.

Іонний склад повітря відноситься до групи фізичних факторів виробничого середовища і, разом з такими факторами, як температура, вологість та іншими, є одним з основних параметрів, що характеризують умови виробничого середовища і визначають самопочуття і здоров'я працюючого, його працездатність тощо.

В результаті іонізації газів (особливо під дією зварювальної дуги), що входять до складу повітряного середовища, утворюються первинні (молекулярні) іони і стійкі комплекси з 10–15 молекул — легкі іони. Шляхом приєднання легких іонів до частинок аерозолі утворюються більш великі — важкі іони. Як правило, кожен іон несе один елементарний заряд, тому за одиницю вимірювання концентрації іонів у повітрі приймається ел.зар.см⁻³. Середній радіус легкого іона складає близько 10⁻³ мкм, важкого — 0,4 мкм.

Важливою якісною характеристикою іонів є рухливість, що чисельно дорівнює середній швидкості іона в електричному полі одиничної напруженості. Під концентрацією легких іонів мають на увазі іони з рухливістю більше 10⁻¹ см²·В⁻¹·с⁻¹, важких — іони з рухливістю від 10⁻³ до 10⁻¹ см²·В⁻¹·с⁻¹. Іони з рухливістю менше 10⁻³ см²·В⁻¹·с⁻¹ відносяться до високодисперсних електроаерозолів (ВДЕА).

Іони в повітрі виробничих приміщень можуть утворюватися внаслідок природної, технологічної та штучної іонізації.

Природна іонізація повітря у виробничих приміщеннях визначається іонізуючою здатністю радіоактивного випромінювання елементів, що утримуються в повітрі і матеріалах, з яких виконане виробниче устаткування і стіни приміщення. Інтенсивність q природного іоноутворення на відкритому повітрі складає 1–12 пар іонів в 1 см³ за 1 с.

Середня концентрація аероіонів при цьому складає 0,4·10³–2,8·10³ пар іонів в 1 см³. У приміщеннях величина q може змінюватись від 0,4 до 1 пари іонів в 1 см³ за 1 с. Відповідно середня концентрація в приміщеннях зменшується до 0,4·10³ пар іонів в 1 см³ і нижче.

Технологічна іонізація відбувається в результаті впливу на повітряне середовище радіоактивного, рентгенівського й ультрафіолетового випромінювань, термоемісії, фотоэффекта й інших іонізуючих факторів, обумовлених технологічними процесами. Для електродугового зварювання такими факторами є ультрафіолетове випромінювання та термоемісія. Іони, що утворилися при цьому, поширюються, переважно, в безпосередній близькості від зварювальної дуги.

Разом з тим, в побутових та виробничих приміщеннях інколи створюються умови з недостатньою концентрацією іонів в повітрі. В такому випадку повинна здійснюватись штучна іонізація повітря. Вона здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв — аероіонізаторів. Вони забезпечують в обмеженому обсязі повітряного середовища заданий ступінь іонізованості, що визначається кількістю іонів кожної полярності в одному кубічному сантиметрі повітря (концентрацією іонів, см⁻³).

Поряд з утворенням іонів відбувається їх безперервне зникання. Факторами, що визначають зникання легких іонів, є: рекомбінація двох легких іонів різних полярностей; адсорбція легких іонів на незаряджених ядрах конденсації; рекомбінація легких і важких іонів із зарядами протилежних знаків тощо.

В залежності від співвідношення процесів іонізації і деіонізації встановлюється певний ступінь іонізованості повітря. При врахуванні лише одного процесу деіонізації, а саме рекомбінації легких іонів (що справедливо для невентильованих приміщень з незначною запиленістю повітря), середня стала концентрація легких іонів визначається виразом

$$n = A \cdot \sqrt{\frac{q}{\alpha}}, \quad (1)$$

Таблиця 1. Концентрації іонів у зоні дихання зварника

Вид зварювання	Концентрація легких іонів, см^{-3}		Концентрація важких іонів, см^{-3}	
	n^-	n^+	N^-	N^+
Напівавтоматичне ручне зварювання в CO_2 плавким електродом	$9,0 \cdot 10^3$	10^3	$6,0 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^3$
Ручне дугове зварювання покритими електродами УОНИ-13/45	$6,0 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^3$

Таблиця 2. Нормативні величини іонізації повітряного середовища у виробничих і громадських приміщеннях

Рівень іонізації	Число іонів в 1 м^3 повітря		Показник полярності (П)
	n^+	n^-	
Мінімально необхідний	400	600	-0,2
Оптимальний	1500–3000	3000–5000	Від -0,5 до 0
Максимально допустимий	50000	50000	Від -0,05 до +0,05

де q – інтенсивність іоноутворення, $\text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$; α – коефіцієнт рекомбінації, що дорівнює $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$; A – емпіричний коефіцієнт пропорційності, який дорівнює 0,75.

Під концентрацією важких іонів, вираженою у см^{-3} , варто розуміти кількість елементарних зарядів в 1 см^3 , носіями яких є важкі іони. Заряд одного важкого іона може складати від декількох десятків до сотень елементарних зарядів. Так, за експериментальними даними, концентрації важких іонів (фонові значення) до початку робочої зміни в металообробних цехах в середньому складала $2,1 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$, а в складальних – $1,1 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$. Таким чином, концентрації важких іонів у зоні дихання працівників знаходилися в допустимих межах, за винятком зварювальних ділянок, де виконувалось зварювання. Концентрація легких іонів скрізь, за винятком зварювальних ділянок, складала від 30 до 300 см^{-3} . Тому ділянки металообробних і складальних цехів, що характеризуються в основному зниженим рівнем іонізації повітря і відповідно несприятливими умовами праці, відносяться до класу приміщень з аероіонною недостатністю. Зварювальні ж ділянки в складальних цехах характеризуються підвищеним рівнем іонізації. Так, на складально-зварювальній ділянці металообробних цехів концентрація важких позитивних іонів складала $4,5 \cdot 10^4$, а негативних – $3,5 \cdot 10^4$ (фонові значення за відсутності процесу зварювання становлять $1,2 \cdot 10^3$ і $1,0 \cdot 10^3$ відповідно). Дані про концентрації іонів безпосередньо у зоні дихання зварника наведено в табл. 1. Вони свідчать про те, що за цим небезпечним та шкідливим виробничим фактором умови праці зварників значно гірші у порівнянні з іншими професіями.

Нормативні рівні іонізації і відповідні концентрації легких іонів у повітрі виробничих приміщень регламентовано санітарно-гігієнічними нормами ГН 2152-80 «Санітарно-гігієніческие нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений». Рекомендації щодо нормалізації іонного складу повітря наведено в табл. 2 (Методические рекомендации по нормализации ионного состава воздушной среды в производственных помещениях металлообрабатывающих и сборочных цехов. – Л.: ВНИИОТ).

За результатами вимірювань розраховується показник полярності. Показником полярності називається відношення різниці числа іонів позитивної n^+ і негативної n^- полярності до їх суми, тобто

$$П = \frac{n^+ - n^-}{n^+ + n^-}. \quad (2)$$

Мінімально необхідний і максимально допустимий рівні визначають інтервал концентрацій іонів у повітрі, що вдихається, відхилення від якого створює загрозу здоров'ю людини.

Інші показники стану повітряного середовища в приміщеннях з штучною іонізацією повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». При цьому повинні бути дотримані гранично допустимі концентрації (ГДК) таких газів, як озон та оксиди азоту, що утворюються в повітрі робочої зони під час зварювання і несуть на собі електричний заряд.

Нормалізація іонного складу повітря. Дослідження медико-біологічної дії іонів на організм людини і нормативні вимоги щодо

визначення сприятливого іонного складу в повітряному середовищі дають можливість дотримуватись необхідних концентрацій іонів у приміщенні шляхом використання сучасних технічних засобів (вентиляції, кондиціонування, штучної іонізації). Засоби нормалізації іонного режиму повітряного середовища необхідно застосовувати в тих приміщеннях, у яких умови перебування людей не задовольняють нормативним вимогам (див. табл. 2).

Для локалізації шкідливих іонних утворень існують різні установки, але в складально-зварювальних цехах підвищена іонізація спостерігається лише на робочих місцях зварників. Тому найбільш ефективним є застосування місцевих відсмоктувачів, параметри яких треба розраховувати у відповідності з методичними вказівками (*Местные вытяжные устройства к оборудованию для сварки и резки металлов. — Л.: ВНИИОТ*).

Може здійснюватись уніполярна штучна іонізація повітря спеціальними аероіонізаторами. При цьому знак аероіонів має бути протилежним знакові іонів, утворених технологічним джерелом.

Застосування засобів індивідуального захисту органів дихання особливо ефективно для зменшення концентрацій легких іонів до ГДК і зниження концентрації важких іонів.

При застосуванні будь-яких вентиляційних систем необхідно враховувати, що під час переміщення повітря, яке містить іони, відбувається природне зменшення концентрації іонів за рахунок рекомбінації, яка може бути розрахована за формулою:

$$n_L^\pm = \pm \frac{\Delta n_0}{\phi_0^\pm \cdot e^{\pm \alpha \cdot \Delta n_0 \cdot L/v} - 1}, \quad (3)$$

де n_0^\pm — початкова концентрація легких іонів, см^{-3} ; n_L^\pm — концентрація легких іонів на виході системи, довжиною L , см^{-3} ; α — коефіцієнт рекомбінації, який дорівнює $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{с}$; v — швидкість переміщення повітря, $\text{см}/\text{с}$;

$$\Delta n_0 = n_0^+ - n_0^-; \quad \phi_0^\pm = \frac{n_0^\mp}{n_0^\pm}. \quad (4)$$

Таким чином, чим менша довжина системи та початкова концентрація іонів і більша швидкість переміщення повітря, тим менші природні втрати іонів у повітряних потоках.

У випадку недостатньої іонізації повітря основними способами нормалізації іонного складу мають бути такі:

- штучна іонізація повітря безпосередньо в приміщеннях;
- подача штучно іонізованого повітря в приміщення;
- подача чистого, природно іонізованого, зовнішнього повітря в приміщення;
- перенесення робочого місця з зони з несприятливим рівнем іонізації.

У випадку підвищеної іонізації необхідно застосовувати інші заходи:

- локалізацію шкідливих іонних утворень;
- штучну уніполярну іонізацію повітря при наявності технологічного джерела уніполярного іоноутворення;
- застосування засобів індивідуального захисту органів дихання;
- перенесення робочого місця із зони з несприятливим рівнем іонізації.

Штучна іонізація повітря у приміщеннях здійснюється:

- переносними або портативними аероіонізаторами (для приміщень малого об'єму або окремих робочих місць);
- стаціонарними аероіонізаторами (для приміщень малого і середнього об'єму з великою кількістю робочих місць).

Установка аероіонізаторів в залежності від особливостей робочих місць виконується таким чином, щоб концентрації іонів у зоні дихання робітників відповідали оптимальним (див. табл. 2).

Подавання штучно іонізованого повітря в приміщення здійснюється за допомогою аероіонізаторів, вбудованих у систему припливної вентиляції або кондиціонування. Економічно найбільш виправданою є установка аероіонізаторів перед повітродозвідними пристроями з поворотною насадкою або безпосередньо в них, що дозволяє в процесі експлуатації змінювати кут нахилу припливного струменя іонізованого повітря для зосередженої подачі його у зону дихання.

Подавання чистого природно іонізованого зовнішнього повітря в приміщення здійснюється:

- природним провітрюванням приміщень;
- системами припливно-витяжної вентиляції, кондиціонування та аерації.

Зазначений спосіб, який забезпечує оптимальні концентрації іонів у зоні дихання, економічно найбільш вигідний, тому що дозволяє використовувати вже наявні засоби або вимагає мінімальних витрат. Але, як правило, цим способом забезпечується

лише мінімально необхідний (див. табл. 2) рівень іонізації повітря, і тому вдається поліпшити умови праці частково.

Контроль за рівнем іонізації повітря. Вимірювання концентрації іонів (у порядку поточного нагляду) рекомендується робити один раз на квартал згідно з санітарно-гігієнічними нормами, а також у випадках:

- впровадження нових технологічних процесів, що потенційно можуть змінити іонний режим у зоні дихання працівників;
- організації нових робочих місць;
- установки нових або відремонтованих іонізаторів;
- зміни параметрів вентиляційних систем;
- організації додаткового припливу або витяжки вентиляційного повітря.

Контроль за рівнем іонізації повітря в приміщеннях необхідно здійснювати як безпосередньо у зоні дихання на робочих місцях, так і на виході повітророзподільних пристроїв.

Систематичний контроль за рівнем іонізації й ефективну нормалізацію іонного складу повітря можна також здійснювати за допомогою пристроїв автоматичного регу-

лювання іонного режиму повітряного середовища, що складаються з аероіонізатора, датчика і блоку автоматичного керування.

Рівень іонізації повітряного середовища рекомендується визначати аспіраційними лічильниками іонів ИК-ОТИ, АСИ-1, САИ-ТГУ та ін. Під час вимірювання концентрації іонів у повітряних потоках аспіраційна вісь лічильника повинна розташовуватися під прямим кутом (90°) до напрямку руху повітряного потоку. У випадку наявності технологічного джерела іонізації аспіраційна вісь лічильника повинна розташовуватися під прямим кутом (90°) до напрямку на джерело іонізації. Визначення концентрації іонів від технологічних або штучних джерел іонізації необхідно починати з віддалених точок на максимальному діапазоні вимірювань, поступово скорочуючи відстань від лічильника до джерела іонізації. Обробку результатів вимірювань концентрації іонів рекомендується робити враховуючи дані відносної вологості, температури й запиленості повітря. При оформленні протоколів результатів вимірювання концентрації іонів необхідно зазначити кратність повітрообміну в приміщенні. ● #1149

Справочные пособия издательства «Экотехнология»

Обеспечение конкурентоспособности продукции сварочного производства требует повышения ее качества и снижения себестоимости, а следовательно, эффективного использования всех видов ресурсов.

Для снижения производственных затрат при использовании широко распространенных технологических процессов ручной дуговой сварки покрытыми электродами, механизированной сварки легированной проволокой сплошного сечения в защитных газах, автоматической сварки под флюсом и термической резки важную роль играет не только повышение производительности труда рабочих, но и совершенствование методик нормирования расходных материалов, составляющих до 40% технологической себестоимости.

Применение современных нормативов расхода сварочных материалов является важнейшим способом повышения рентабельности сварочного производства.



Издательство «Экотехнология» выпустило серию справочных пособий, подготовленных ведущими специалистами Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины:

1. Нормирование расхода покрытых электродов при ручной дуговой сварке и наплавке (64 с.).
2. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке в углекислом газе и его смесях (68 с.).
3. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом (38 с.).
4. Нормирование расхода материалов при термической резке (14 с.).

Стоимость комплекта (4 пособия) — 85 грн.
(с учетом стоимости доставки).

Справочные пособия можно заказать
в издательстве «Экотехнология» по адресу:
03150 Киев, ул. Горького, 66
или по тел./ф. (044) 287-6502.

Международные конкурсы молодых сварщиков в Чехии

1-й международный конкурс национальных команд молодых сварщиков *Huisman Welding Cup* состоялся в г. Фридек-Мистек (*Frydek-Mistek*), Чешская Республика, 19–20 апреля 2011 г. Инициатором конкурса была средняя профессиональная школа города Фридек-Мистек в сотрудничестве с официальными партнерами конкурса учеников профессиональных школ по сварке «Золотой кубок Линде» и немецким сварочным союзом *DVS*. Конкурс проводился по четырем способам сварки: 111 (ручная дуговая сварка покрытыми электродами), 135 (дуговая сварка плавящимся электродом в активных газах), 141 (дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах), 311 (газопламенная сварка). Команды каждой страны состояли из 4 конкурсантов (по одному в каждом методе сварки). В конкурсе могли участвовать только ученики учебных или учебно-профессиональных заведений, окончившие начальный курс в возрасте до 20 лет. Были представлены команды молодых сварщиков из Чешской Республики, Словацкой Республики, Германии, Китая, Украины и Республики Беларусь. Команды молодых сварщиков Украины и Белоруссии в первый раз принимали участие в международных конкурсах. Финансовую поддержку командному конкурсу оказали правительство Моравско-Силезского края и фирма *Huisman Konstrukce s.r.o.*

В состав делегации Украины входили сопровождающие лица: руководитель делегации А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, вице-президент Общества сварщиков Украины (Киев); Л. И. Шевчук, канд. техн. наук, директор научно-методического центра профессионально-технического образования и повышения квалификации инженерно-педагогических работников в Хмельницкой области (Хмельницкий); Н. А. Король, директор ООО «НПФ «Сварконтакт» (Харь-

ков) и конкурсанты: Д. Г. Солтуз (Хмельницкое высшее профессиональное училище №4, Хмельницкий); М. Яжик (Одесский инженерно-аттестационный центр «Прометей», Одесса); М. П. Булавицкий (Кикийский профессиональный лицей, Кикия Одесской обл.); В. С. Юрьев (Ярмолинский профессиональный лицей, пос. Ярмолинцы Хмельницкой обл.).

Основную организационно-техническую подготовку конкурсантов провели Одесское и Хмельницкое областные отделения Общества сварщиков Украины. Спонсорскую поддержку конкурсантам оказали: Одесское областное отделение Общества сварщиков Украины – сварочные маски типа «Хамелеон», кожаные перчатки, защитные очки; ДП «ПромСИЗ-Центр», ООО «ПромСИЗ» (Киев) – спецодежда, ООО «Дельта Плюс Украина» (Киев) – спецобувь, кепки-каска.

Одновременно состоялся очередной 15-й международный конкурс молодых (до 19 лет) сварщиков «Золотой кубок Линде» (*Zlaty pohar Linde*) в тех же номинациях. В конкурсе приняли участие 117 учеников профессионально-технических школ Чехии, Словакии и Германии.

Оба конкурса были проведены на учебно-производственной базе средней профессиональной школы города Фридек-Мистек.

Условия практической части конкурсов были такими:

1. Выдержать последовательность сварки.
2. Обеспечить технику безопасности.
3. Допустимо одно нарушение и непопадание в стык в каждом сварном шве.

Жюри оценивало качество сварных швов согласно нормам *CSN EN ISO 5817*. После этого лучшие сварные швы дополнительно оценивали по разломам. Если фиксировалось высокое качество сварного шва, то конкурсант мог претендовать на получение европейского сертификата на право выполнения конкретного соединения в производственных условиях. (Нужно отметить, что в итоге ни один конкурсант не получил такой сертификат).

Международное жюри практической части конкурсов возглавлял, как и в предыдущие годы, инж. *Jiri Sindelka* (*DOM-ZO 13 s.r.o.*

Команды-призеры конкурса *Huisman Welding Cup*



(Острава, Чехия). В состав жюри вошли опытные представители фирм: DOM–ZO 13 s.r.o. (Прага, Чехия); Tesydo s.r.o. (Брно, Чехия); STU MTF (Трнава, Словакия); Slovenske energeticke strojarne a.s. (Тлмаче, Словакия); DVS Bezirksverband (Хемниц, Германия).

Теоретическая часть конкурса «Золотой кубок Линде» по технологии тех же методов сварки и правилам техники безопасности проводилась только для чешских участников и проходила в форме тестов на компьютере с использованием программы MOODLE. Предварительно каждый участник мог ознакомиться с вопросами на сайте www.sssdfm.cz. В состав жюри теоретической части личного конкурса вошли преподаватели школы-организатора. Гарантом справедливости оценок было Чешское сварочное общество ANB.

На торжественном закрытии были подведены итоги конкурсов и награждены победители и призеры. В командном конкурсе результаты Украины следующие: **Дмитрий Солтуз** занял 6-е место (способ 111); **Максим Яжик** — 5-е место (135); **Максим Булавицкий** — 6-е место (141); **Вадим Юрьев** — 3-е место (311).

Команды Словакии и Чехии, набравшие в общем зачете одинаковое количество баллов, разыграли первое и второе место жеребьевкой, что предусмотрено правилами конкурса.

Подготовка и проведение международных конкурсов молодых сварщиков были организованы безукоризненно. Помимо основной программы, для участников командного конкурса были проведены экскурсии на завод фирмы Huisman Konstruckse s.r.o., изготавливающий тяжелые подъемные морские краны и оборудование для бурения нефтяных скважин, и в музей автомобилей Tatra.

Конкурсы стали серьезным вкладом в популяризацию профессии сварщика и поднятие ее престижа. Следующие конкурсы Huisman Welding Cup и Zlaty pohar Linde состоятся в апреле 2012 г. Общество сварщиков Украины приглашено участвовать в международных конкурсах, которые состоятся в Китае в мае 2012 г., молодых (до 23 лет) и опытных (старше 23 лет) сварщиков.

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук,
вице-президент Общества сварщиков Украины

● #1150

Международная научно-практическая конференция

«Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня»

В Санкт-Петербурге 12–15 апреля 2011 г. состоялась 13-я международная научно-практическая конференция «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня», организаторами которой являлись научно-производственная фирма «Плазмацентр» и Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.

В работе конференции приняли участие около 450 человек, представляющих различные предприятия и организации России, Азербайджана, Армении, Белоруссии, Казахстана, Латвии, Молдавии, Узбекистана, Украины.

Работа конференции велась по четырем основным направлениям:

- Технологии восстановления первоначальной (заданной) геометрии поверхности и сварки изделий.
- Конструктивные и эксплуатационные методы повышения долговечности, обработка поверхности изделий.
- Технологии упрочнения и восстановления физико-механических свойств поверхности.
- Технологии диагностики, дефектации, мойки и очистки изделий.

Во вступительном слове генерального директора научно-производственной фирмы «Плазмацентр» П.А. Тополянского было отмечено, что в России и странах СНГ конференция, проводимая в Санкт-Петербурге, по заявленной тематике является наиболее крупномасштабной и представительной. Конференция полезна также для молодежи: аспирантов и студентов.

На конференции было сделано более 40 пленарных докладов.

Традиционно для участников конференции было организовано посещение промышленных участков по восстановлению и нанесению функциональных покрытий с использованием технологий газотермического напыления, наплавки и упрочнения.

В рамках конференции прошли школы-семинары: «Упрочнение деталей машин, механизмов и оборудования различных отраслей промышленности», «Технологии увеличения стойкости инструмента, штампов холодного деформирования и прессформ», «Восстановление и упрочнение литейной оснастки, кузнечно-прессового инструмента и штампов», «Ремонт и восстановление деталей промышленного оборудования», «Наплавка и напыление — выбор технологии, оборудования и материалов».

Международная конференция подобного формата, ежегодно проводимая в Санкт-Петербурге, является важным звеном для интеграции науки и производства, способствует активизации инженерной деятельности и инновационной перестройке экономики.

С подробной информацией о конференции можно ознакомиться на сайте научно-производственной фирмы «Плазмацентр» www.plasmacentre.ru.

Судьба Н.Н. Бенардоса и тайна создания первого способа дуговой сварки

А. Н. Корниенко



Н.Н.Бенардос

Судьба Николая Николаевича Бенардоса подобна судьбе многих изобретателей. Их идеи и разработки послужили основой для новых направлений развития науки и техники, имена сохранились в названиях машин и технологических процессов, но сами творцы были забыты. А когда о них вспоминают, начинается поиск, причем пробелы в биографии и творчестве заполняются домыслами.

XIX век в истории цивилизации называют веком «штурма электричества». В последней четверти века в когорте штурмующих появился человек, который сумел решить задачу, возникшую в результате открытия явления дугового

разряда В.В.Петровым и Г.Дэви еще в начале века. В 1881 г. электротехники, съехавшиеся в Париж на Всемирную выставку, наблюдали, как сотрудник фирмы «П.Н.Яблочков — изобретатель и К°» Николас де Бенардос «паяет» электрической дугой экспонаты. Статьи с высокой оценкой перспективной технологии, опубликовали во французских, немецких и других журналах. До 1890 г. первый в мире способ дуговой сварки был запатентован в России, странах Европы и США и внедрен (часто под руководством самого автора) на десятках крупных заводов Великобритании, Франции, Германии, России и других стран.

Коллеги знали Николая Николаевича Бенардоса как разностороннего изобретате-

ля. Но из двухсот его изобретений в области электротехники, транспорта, военного дела, сельского хозяйства, медицины наибольшую славу принесла дуговая и контактная точечная сварка. Одни проекты Бенардоса (электромагнитная пушка, корабельный винт с поворотными лопастями, локальная гальванизация поверхностей, реберная пуля, гидроэлектростанция, пулемет-автомат и многие другие) опередили свое время, другие были сразу же эффективно использованы и начали развиваться. В 1885 г. Бенардос организовал в Петербурге «Товарищество по эксплуатации и внедрению электросварки «Электрогефест», открыл первый в мире завод электросварочного оборудования и учебный центр. Изобретатель награждался медалями выставок, он был избран действительным членом Императорского русского технического общества. 7 декабря 1899 г. ему вместе с А.С.Поповым (изобретатель радио) и А.Н.Ладыгиным (изобретатель лампы накаливания) Петербургским электротехническим институтом было присвоено звание почетного инженера-электрика. На первом Российском электротехническом съезде, который состоялся 27 декабря 1899 г., Бенардос присутствовать не мог из-за болезни. На открытии председатель съезда Н.П.Петров об изобретении электросварки сказал: «...Бенардос достиг ранее, чем кто-либо, практически примененного в больших размерах спаивания и сваривания металлов». 4 января 1902 г. Бенардос был избран почетным председателем второго Всероссийского электротехнического съезда. Это было последнее прижизненное признание заслуг изобретателя. А дальше?.. Он исчез. О его смерти не сообщила ни одна газета. А в период смены власти и экономической разрухи в России применение сварки ограничивалось в основном ремонтными работами в паровозных депо.



Лаборатория Н.Н.Бенардоса в музее г. Переяслав-Хмельницкий (реконструкция парижской лаборатории 1881 г. по гравюру из французского журнала La Nature)

Причем способ называли «способом Бенардоса», а об авторе... ничего не знали.

Тем временем совершенствованием идей Бенардоса занимались сотни ученых и изобретателей, в разных странах выдали тысячи патентов. Дуговая сварка становилась ведущим способом соединения металлов. А что же было известно о первоизобретателе? Его современник А.К.Тимирязев в 1920 г. в «Очерках по истории физики в России» отмечал, что «технические мероприятия и достижения Бенардоса подробно описаны в литературе, но никаких данных биографического характера о Бенардосе, кроме того, что он был дворянином, найти не удалось».

В 1920-х годах в СССР начинается индустриализация и правительство посылает специалистов за границу осваивать новую технику. Молодой инженер-электрик К.К.Хренов стажировался в Германии, где широко применялся способ Бенардоса. Вернувшись, Хренов участвует в организации производства сварочного оборудования, открытии учебного сварочного комбината, кафедры сварки МВТУ, журнала «Автогенное дело», организации ВНИТОС, написании учебных пособий. Вопрос о месте и авторе создания электросварки не возникал. Ответ казался простым и логичным — сварка создана человеком с нерусской фамилией, развита в Германии. «Очерки по истории...» читать было некогда.

Историческое неведение было нарушено в конце 1935 г. На кафедру сварки МВТУ явился бородастый мужик и скромно представился: «Здравствуйте! Я Бенардос, сын изобретателя сварки. Узнал, что есть кафедра сварки». В то время по стране бродило много «сыновей знаменитых людей», а пришелец явно не был похож на немца. Не успели преподаватели прогнать подозрительного сына, как тот выложил чертежи, газеты, журналы, фотографии, рукописи, из которых вдруг стало ясно, что Бенардос — это подлинно отечественный изобретатель. Немедленно в ближайшем номере «Автогенного дела» появилась статья К.К.Хренова «Николай Николаевич Бенардос — изобретатель дуговой электросварки». Статья была опубликована под рубрикой «50 лет изобретения электродуговой сварки», и тем самым утверждалась дата изобретения — 1885 г.! С этим можно было бы согласиться, поскольку Бенардос подал заявку на привилегию России (патент) 6 июля 1885 г. Но в той же статье Хренов, ссылаясь на рассказ сына, отмечал, что «первую крупную аккумуляторную батарею изобретенной им системы он устанавливает в Испании, в Барселоне в 1882 г., где, по-видимому, при монтаже аккумуляторных батарей он изобретает свой способ сварки угольной дугой...». В статье не было почти никакой информации о жизни изобретателя. А фраза «Человек другой социальной эпохи, чуждый нам по классу (Н.Н.Бенардос — бывший помещик) и воспитания, обладавший в то же время глубоким умом...» могла

стать роковой для детей Бенардоса, записавших себя в анкетах в мещанское сословие. Сын изобретателя больше не появлялся.

Но так как продолжения статьи о жизни Бенардоса не последовало, а Россия благодаря ему оказалась родиной электросварки, посыпалась масса публикаций, основанных на домыслах (в том числе монографии историка сварки д.т.н. А.А.Чеканова, академиков В.П.Никитина и М.Ф.Шателена). Несколько городов и сел претендовали на роль родины изобретателя. На учебу его «зачисляли» в различные университеты или оставляли самоучкой. «Похоронили» Н.Н.Бенардоса в Петербурге, Москве и в других местах. Наиболее противоречивые «сведения» касались жизни в 1870–80-е годы, т.е. именно того времени, когда Н.Н.Бенардос создавал новый вид соединения. В 1952 г. известный историк техники Б.Н.Ржонсницкий закрыл два важных вопроса: «Изобретатель родился в селе Бенардосовка Елизаветградского уезда 26 июня 1842 г.; скончался 8 сентября 1905 г. в Фастове, под Киевом». Эти данные К.К.Хренов ввел в «Большую Советскую энциклопедию», заодно указав дату изобретения дуговой сварки — 1882 г.

В 1970 г. началась подготовка второго издания «Української Радянської енциклопедії». Академик Хренов из-за болезни уже не мог консультировать. И в статью «Бенардос» была включена новая дата изобретения сварки — 1881 г. Б.Е.Патон как член главной редакционной коллегии согласился с тем, что дата, основанная на публикациях коллег Бенардоса, ученых и инженеров XIX века, более точная, чем указанная сыном. Это уточнение оказалось своевременным.

Вскоре в американском журнале «Welding journal» была напечатана статья «Arc welding origins». Ее автор А.С.Nunes предлагал отметить в 1981 году 100-летие изобретения дуговой сварки и выдвинул в качестве претендента на славу первоизобретателя... французского электротехника О. Меритана, получившего патент Франции на способ дуговой сварки 4 декабря 1881 г., т.е. на 4 года раньше Бенардоса! Статью перепечатали некоторые европейские журналы. Б.Е.Патон, прочитав статью, обратился за комментариями к Хренову и Чеканову. Оба предложили придерживаться «канонизированного» ими 1882 года. Тем не менее, возникла реальная угроза потери отечественного приоритета!

Что же изобрел О. Меритан и почему во всем мире изобретателем дуговой сварки считался Н.Н.Бенардос? Ответить оказалось несложно. Стоило только сравнить существенные признаки изобретений Меритана и Бенардоса и оценить их технические возможности и влияние на дальнейшее развитие сварочного производства. Способ пайки-сварки слаботочной дугой легкоплавкого свинца в его же парах, запатентованный французским элект-

ротехником, не годился для получения удовлетворительного соединения железа и других металлов. Для этого требовались мощный источник питания, выдерживающий короткие замыкания, защита зоны сварки в открытом пространстве, регулирование параметров режима и др. Ни тогда, ни позже Меритан этими проблемами не занимался, на авторство реальной сварки металлов не претендовал и в других странах вообще ничего не патентовал.

Бенардос решил все проблемы и получил патенты во многих странах Европы и США беспрепятственно. Но почему он подал заявку на патент (привилегию) России 6 июля 1885 г.? Почему в его зарубежных заявках 1885–86 гг. появляется фамилия С.А.Ольшевского? Чем тот заслужил быть упомянутым рядом с Бенардосом?

Необходимо было собрать документы, касающиеся обстоятельств создания первого способа дуговой сварки, проанализировать и определить: что же происходило 100 лет тому назад? Где находился Бенардос в период создания сварки? Имел ли возможность реализовать свои идеи? В ИЭС им. Е.О.Патона в группу истории сварки были включены историки: В.В.Будяков и Р.С.Сухомуд. Работа в архивах и библиотеках Москвы, Киева, Ленинграда, Николаева, Херсона, Костромы, Иванова, Кинешмы и ряда других городов позволила установить подробности жизни, творческой и общественной деятельности Бенардоса. В детстве он учился дома в Бенардосовке, и не только грамоте и разным языкам, но и кузнечному и столярному делу в мастерской деда. Учился на медицинском факультете Киевского университета, затем — в Московской земледельческой петровско-разумовской академии. В 1869 г. Бенардос поехал оформлять наследство матери, получившей участок лесных угодий в Костромской губернии, и решает там остаться. Он строит дом, мастерские, оранжерею, женится на мещанке А.А.Лебедевой, а в городе Лух, строит школу и аптеку, избирается в земское собрание Юрьевецкого уезда, борется за бесплатное образование и медицинскую помощь, около года содержится в юрьевецкой тюрьме, в газетах обсуждает проблемы воздухоплавания, медицины, сельского хозяйства, подает заявки на различные изобретения и... тратит наследство. В 1877 г. он увозит семью в Бенардосовку.

Сохранился рукописный список, в котором Бенардос отметил, что проекты и изобретения с №21 по №39 («электродвигатель») с 1877 по 1881 г. сделаны в «С.П.б.» (Петербург); с №40 по №42 — в «Закас. обл.» (там фирма Яблочкова внедряла электричество). Наиболее вероятно, что первый способ сварки был создан в Петербурге. Там, в лабораториях и производственных помещениях фирмы, были все условия для изготовления изобретенных специально для сварки аккумуляторов с гофрированными пластинами, регуляторов сварочного тока, водя-

ных реостатов, держателей и другого оборудования для разработки техники сварки. Правда, в списке за 1881 г. Бенардос среди изобретений, сделанных в Париже, под №46 указывает: «электрическое паяние металлов — электрогефест». Учитывая сложность сварочного оборудования и необходимость подбора режимов можно с некоторой уверенностью говорить о том, что в Париже на такую работу время не хватило бы. А может быть, как раз для сварки железа или другого металла в том же Париже необходимо было время для подготовки патента?

Но кроме идей, времени и технических условий, требовались еще и деньги. Известно, что для получения патента в России и ряде других стран недостаточно было решить конкретную техническую задачу. Необходимо было заплатить значительную пошлину и иметь средства для реализации (внедрения) изобретения. Если эксплуатация на протяжении короткого срока (1–3 лет) не была налажена, патент аннулировался. Поэтому изобретатели не спешили регистрировать свои разработки. С начала 1883 г., еще не запатентовав свое изобретение, Бенардос внедряет сварку на крупных заводах Великобритании, Франции, Германии.

В 1884 г. появляется сообщение о том, что «Ипотечный банк г. Кинешмы усадьбу г. Н.Н.Бенардоса вместе с постройками и мастерскими продал за долги». Очевидно, что остаток денег Бенардос использовал для патентования сварки в России. А кто же такой С.О.Ольшевский, появившийся в зарубежных патентах? В списках электротехников его не было. Зато в справочнике «Весь Петербург». Ольшевский числился владельцем доходных домов в Петербурге и Варшаве, причем Бенардос у него квартировался. Вероятно, средств у изобретателя на зарубежное патентование не хватило и Ольшевский, взяв на себя расходы, стал совладельцем патентов.

Триумфальное шествие «электрогефеста» описано во многих журналах. Однако патентами Бенардоса и товариществом «Электрогефест», первой в мире показательной мастерской сварочных работ завладели авантюристы. Владельцы товарищества не хотели расходовать средства на усовершенствование сварки, и Николай Николаевич за собственные средства продолжает конструировать аппаратуру, горелки, приспособления и сварные соединения. Надеясь получить правительственный заказ, он разрабатывает проект ремонта Царь-колокола и подъема его на колокольню. Возможности сварки как самостоятельной операции в лепке раскрываются в патенте Бенардоса под названием «микролитъе» и «металлическая лепка». Для повышения качества металла шва он применяет магнитное управление, проковку, порошковую проволоку и защитный газ.

В конце 1890-х годов здоровье изобретателя ухудшилось, он долго лечится в Москве, живет у сына и поселяется в Киевской губернии в селе

Бышев вблизи Фастова. На вершине славы выдающийся изобретатель оказывается без средств к существованию. Временами тяжело больному Николаю Николаевичу не на что было купить хлеба. В 1902 г. дом и хозяйственные постройки подожгли крестьяне. Сгорели чертежи, документы, макеты. Бенардос еле спасся. После пожара он переехал в Фастов, работал на котельном заводе В. Бранта и в паровозном депо. Его могила не сохранилась.

Упомянутую статью 1936 г. К.К.Хренов заканчивал предложениями: «Необходимо издать специальную книгу, посвященную разносторонней деятельности Н.Н.Бенардоса. Следует подумать и о других способах увековечения его имени. Имя Николая Николаевича Бенардоса навсегда останется украшением русской техники и гордостью сварщиков всех стран». Об этом предложении «думали» более 40 лет, пока на заседании Национального комитета СССР Международного института сварки Б.Е.Патон не сообщил, что собраны труды Н.Н.Бенардоса, готовятся к выпуску юбилейные медали, почтовые марки, кинофильм, плакаты, а также проектируется музей и памятник. По двум последним пунктам возник вопрос: где их размещать?

Естественно, музей и памятник, по сути, мемориал следовало делать там, где Бенардос создал дуговую сварку. В своем списке изобретатель указал «Париж», где он также изобрел специальный аккумулятор, способный выдерживать токи короткого замыкания. Работал он в отлично оснащенной лаборатории, владельцем которой был российский электротехник Н.И.Кабат. Возможно, французы и согласились бы считать Париж родиной электросварки. Ведь считают же они Париж родиной дугового освещения потому, что П.Н.Яблочков, сбежавший от кредиторов из Москвы во Францию, впервые демонстрировал там свою лампу. Конечно, Бенардос не был, как Яблочков, удостоен ордена Почетного Легиона, но именно авторитетный французский ученый Э.Госпиталье впервые написал про сварку Бенардоса, указав 1881 г. А на заводе Крезо вскоре был построен огромный по тем временам сварочный цех, и его гравюры до сих пор публикуются с подписью «Цех электрогефеста». Но эта версия была сразу же отвергнута, потому что, во-первых, как быть с «Россией-родиной», во-вторых, пришлось бы подключать к мероприятиям французских коллег.

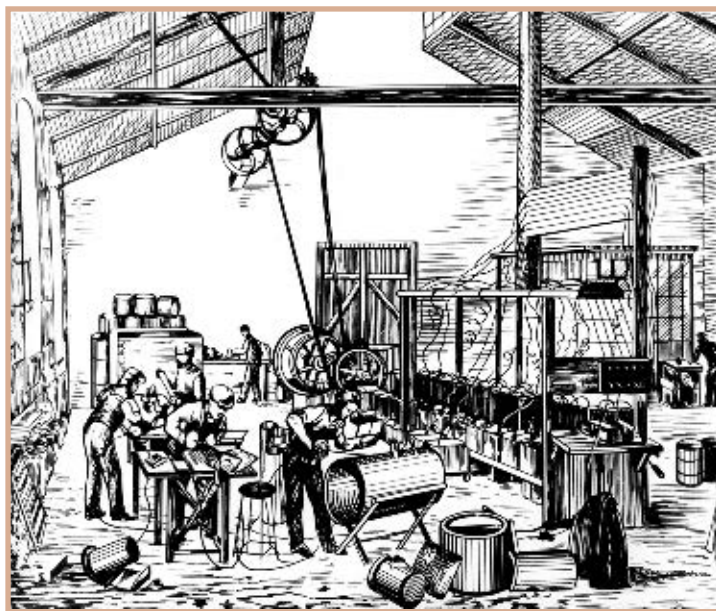


Некоторые знаки почтовой оплаты, посвященные Н.Н.Бенардосу

Следующая версия основывалась на том, что в Париже он почти сразу же по прибытии начал применять сварку, значит, привез уже достаточно разработанное оборудование и технологию. Привез из Петербурга? Однако от чести считаться родиной электросварки ленинградские коллеги отказались. Несмотря на то, что по архивным документам и фотографиям было найдено здание завода «Электрогефест», они не хотели ходатайствовать не только о строительстве памятника, но и о памятной доске. Да и в городе, где создавали технику сотни ученых и изобретателей, памятник сварщику вряд ли был бы замечен. Возможно, с увековечением работы Бенардоса в Барселоне согласились бы испанцы, но материалов об этом событии, за исключением записки сына, не было. Кроме того, не подходила и дата — 1882 г.

Тем временем, рассмотрев документы, подготовленные Институтом электросварки им. Е.О.Патона, комиссия ЮНЕСКО по представлению Украинской ССР включила

Цех «Электрогефест» на заводе Крезо во Франции





Академики Б.Е.Патон и И.К.Походня на открытии памятника Н.Н.Бенардосу 20 мая 1981 г. в Фастове

в Календарь памятных дат 1981 г. «100-летие изобретения электросварки Бенардосом». И в ИЭС им. Е.О.Патона под контролем Бориса Евгеньевича Патона программа увековечения выполнялась по плану: скульптор А.А.Древецкий изваял 4-метровую скульптуру Бенардоса для памятника в Фастове, бюсты для других памятников и музеев, медали и мемориальные доски; режиссер Г.Е.Десятник снял научно-популярный фильм. Для музеев разрабатывались тематико-экспозиционные планы и чертежи экспонатов; изготавливались аппараты, макеты парохода, оборонительных сооружений, завода товарищества «Электрогест», способа ремонта Царь-колокола и др. На месте усадьбы в с. Бышев археолог В.И.Бидзиля нашел остатки аккумуляторов, сварных образцов, утвари.

Срывался только план создания мемориала с памятником и музеем на конкретной «малой родине сварки». Теперь выбор ограничивался селами Мостовое (в 1950 г. Бенардосовку переименовали в Мостовое) и Лух.

Первый секретарь Николаевского обкома компартии Шараев отнесся к идее увековечения отрицательно, хотя и распорядился, чтобы краеведческий музей принял экспонаты и бюст для памятника. Зато первый секретарь Ивановского обкома КПСС В.Г.Клюев горячо и энергично поддержал план мероприятий и одобрил проекты памятника и музея. Бюст Бенардоса, «искра», сваренная из титана в ИЭС им. Е.О.Патона Г.Г.Дочкиным, аппараты, сварные образцы и другие экспонаты были переправлены в Лух. На заводе Ивтекмаш под руководством институтского сварщика Л.М.Пинтова изготавливались конструкции памятника. К оформлению музея подключились сотрудники Ивановского историко-революционного музея под руководством Л.Г.Горбуновой и большой энтузиаст — местный краевед Ф.М.Волков.



Памятник Н.Н.Бенардосу в Лухе

Оставалось только подтвердить легенду о создании электросварки в Лухе. Хренов в указанной статье писал: «В 1884 г. Н.Н.Бенардос переселился в Лух Костромской губ.». Пришлось игнорировать и эту запись, и рукописный список изобретений, и биографические подробности, а за основу взять изготовление крупной металлоконструкции парохода, переходящего мели, и наличие неподалеку, в Кинешиме завода «Электроугли», где могли быть аккумуляторы и другие электротехнические изделия.

Воплотить в жизнь идею создания настоящего большого музея выдающегося изобретателя взялся директор Переяслав-Хмельницкого историко-культурного заповедника М.И.Сикорский, предоставивший дом помещика конца XIX века площадью более 200 кв.м. В Музее Н.Н.Бенардоса 6 залов: вводный, лаборатория, кабинет, мастерская, гостиная и зал истории сварки. Сотни экспонатов, в том числе мебель, книги и другие вещи, которыми пользовался изобретатель, дают полное представление о его жизни и вкладе в научно-технический прогресс.

18 и 19 мая 1981 г. в Киеве состоялись торжественное собрание и научная конференция, 20 и 21 мая были открыты памятник в Фастове и музей в Переяславе-Хмельницком. Не менее торжественно 11–13 июня прошли празднования в Иванове и Лухе. В мероприятиях участвовали академики А.П.Александров, Б.Е.Патон, И.К.Походня, А.Ю.Ишлинский, Д.А.Дудко, другие известные ученые, преподаватели, деятели культуры, летчик-космонавт СССР В.Н.Кубасов, местное руководство, передовики производства. Бенардос был увековечен в памятниках, музеях, на почтовых марках, в кино и в «Бенардосовских чтениях». Вот только остались вопросы: где, когда, при каких обстоятельствах была изобретена дуговая сварка? Одно несомненно — новую эпоху в технологиях соединения металлов открывает изобретение Н.Н.Бенардоса.

● #1151

РОССИЯ, МОСКВА, ЭЦ «СОКОЛЬНИКИ»

18-21 октября
2011

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ,
ОБОРУДОВАНИЕ,
ТЕХНОЛОГИИ

weldex
РОССВАРКА

www.weldex.ru

11-я Международная выставка

ufi
Approved
Event



WELDEX
РОССВАРКА

на правах рекламы

Дирекция выставки:

тел. (495) 935-81-00, факс: (495) 935-81-01, E-mail: medvedeva@mvk.ru

Организатор:



При поддержке:

Московской
межотраслевой
ассоциации
главных
сварщиков

Под патронатом:

торгово-промышленной
палаты РФ
Правительства Москвы
Московской Торгово-
промышленной палаты

При содействии:



Генеральный
информационный спонсор:



Журнал
«Сварочное производство»

Информационные
спонсоры:



РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ЗАО «МВК»: МВК УРАЛ: (343) 371-24-76, МВК ВОЛГА: (843) 291-75-89

Х МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2011

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

22 - 25 НОЯБРЯ 2011 г.



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

ОРГАНИЗАТОР:
ООО "Международный выставочный центр"
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
Украинской Национальной Компании
"Укрстанкоинструмент"



ООО "Международный выставочный центр"
Украина, 02660, Киев, Броварской пр-т, 15
☎ (044) 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.tech-expo.com.ua

Информационная поддержка:



КРЫМ СТРОИИНДУСТРИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

2011 Осень

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

27–29 октября

- Современные строительные материалы и технологии
- Краски, лаки
- Строительные машины и механизмы
- Окна, двери
- Сантехника
- Экология. Системы очистки воды
- Ландшафтная и садово-парковая архитектура
- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования
- Энергосбережение и использование нетрадиционных экологически чистых источников энергии
- Электротехническое и осветительное оборудование
- Системы автоматизации, программное обеспечение предприятий строительной, энергетической, электротехнической отраслей промышленности

г. Симферополь
ул. Киевская, 115
СК «Дружба»
ДКП



По вопросам участия в выставке обращайтесь в оргкомитет:
95011, Украина, г. Симферополь, ул. Самокиша, 18, оф. 406,
тел./факс: (0652) 56-06-67, 56-06-47, 54-60-66, 54-67-46
E-mail: expoforum@expoforum.crimea.ua, expo@expoforum.crimea.ua
www.expoforum.crimea.com

Открыта подписка-2011 на журнал «Сварщик»

в почтовых отделениях Украины и России,
подписной индекс 22405. Подписку на журнал
можно оформить у региональных представителей:

Город	Название подписного агентства	Телефон
Винница	ЗАО «Блиц-Информ»	(0432) 27-66-58
Днепропетровск	«Баланс-Клуб»	(056) 370-44-23
	ЗАО «Блиц-Информ»	(056) 370-10-50
	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
Донецк	ЗАО «Блиц-Информ»	(062) 381-19-32
Житомир	ЗАО «Блиц-Информ»	(0412) 36-04-00
Запорожье	ЗАО «Блиц-Информ»	(0612) 63-91-82
	ЧП ККК «Пресс Сервис»	(0612) 62-52-43
Ивано-Франковск	ЗАО «Блиц-Информ»	(03422) 52-28-70
Киев	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	АОЗТ «САММИТ»	(044) 537-97-44
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кременчуг	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
	ООО «САММИТ-Кременчуг»	0536(6) 3-21-88
Кривой Рог	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 66-24-36
Луганск	ЗАО «Блиц-Информ»	(0642) 53-81-07
Луцк	ЗАО «Блиц-Информ»	(0332) 72-05-48
Львов	ЗАО «Блиц-Информ»	(0322) 39-28-69
	«Львівські оголошення»	(0322) 97-15-15
	ООО «САММИТ-Львов 247»	(0322) 74-32-23
	«Фактор»	(0322) 41-83-91
Мариуполь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Нежин	ЧП «Прес-Курьер»	(04631) 5-37-66
Николаев	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
	ООО «Ноу Хау»	(0512) 47-20-03
	ООО «САММИТ-Николаев»	(0512) 23-40-86
	ЧП «ТЕПС & Со»	(0512) 47-47-35
Одесса	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
Прилуки	ЧП «Прес-Курьер» (филиал)	(04637) 3-04-62
Полтава	ЗАО «Блиц-Информ»	(05322) 7-31-41
Ровно	ЗАО «Блиц-Информ»	(0362) 62-56-26
Севастополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0692) 55-44-51
Симферополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0652) 24-93-00
	ДП «САММИТ-Крым»	(0652) 44-36-95
Сумы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0542) 27-52-09
	ООО «Диада»	(0542) 37-03-55
Тернополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0352) 43-08-10
Ужгород	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
	АОЗТ «САММИТ-Харьков»	(0572) 14-22-61
	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
Харьков	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
	ДП ЗАО «Блиц-Информ»	(0552) 26-36-49
Хмельницкий	ЗАО «Блиц-Информ»	(0382) 79-24-23
	ВКП «Фактор-Запад»	(0382) 70-20-93
Черкаassy	ЗАО «Блиц-Информ»	(0472) 47-05-51
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(03722) 2-00-72
Чернигов	ЗАО «Блиц-Информ»	(04622) 4-41-61

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на книги издательства «Экотехнология»

Название книги Цена (грн.)

В. М. Бернадский та ін. Російсько-український та українсько-російський словник зварювальної термінології. 2001. — 224 с. 30

В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с. 40

А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. 50

О. С. Осика та ін. Англо-український та українсько-англійський словник зварювальної термінології. 2005. — 256 с. 40

В. М. Корж. Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник. 2005. — 196 с. 40

В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005. — 208 с. 40

С.Н.Жизняков, З.А.Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с. . . 60

А.Я.Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. 2006. — 112 с с илл. .30

П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с. . 40

А.Е.Анохов, П.М.Корольков. Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. — 320 с. 40

Г. И. Лашенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с. 50

А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с. 50

П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007. — 292 с. 50

А. Г. Потатьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с. 50

Г. И. Лашенко, Ю. В. Демченко. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. — 168 с. 40

Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. — 248 с. 50

З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с. 80

А. А. Кайдалов. Современные технологии очистки поверхностей конструкционных материалов: научно-производственное издание. 2009. — 540 с. . . 60

В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. — 400 с. 50

В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010. — 194 с. . . 40

Книги прошу выслать по адресу:

Куда
почтовый индекс

Кому

Счет на оплату прошу выслать по факсу:

(.)

Реквизиты плательщика НДС:

Св. № идент. №

Ф. И. О. лица, заполнившего талон, телефон для связи:

Заполните этот талон и вышлите в редакцию журнала «Сварщик» по

адресу: 03150 Киев, ул. Горького, 66 или по факсу: (044) 287-6502.

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

В 2011 г. цены на наши издания снижены на 20-30%.

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

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

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: **03150 Киев–150, а/я 52 «Сварщик».**

1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095
1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104
1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113
1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122
1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131
1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140
1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149
1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158

Заполняется печатными буквами

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2011 г.

подпись

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу в 2011 г.

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Грн.*	Евро**
1 полоса	210×295	4000	550
1/2 полосы	180×125	2000	275
1/4 полосы	88×125	1000	140

На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Грн.*	Евро**
1 (первая)	215×185	9000	1200
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	6000	800
2 и 7		5500	750

На страницах внутренней обложки

Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн.*	Евро**
3 (1 полоса)	210×295	5000	700
4–6 (1 полоса)	210×295	4500	600
4–6 (1/2 полосы)	180×125	2300	300

* Для организаций-резидентов Украины (цены с НДС и ННР).

** Для организаций-нерезидентов Украины (возможна оплата в национальной валюте по официальному курсу).

Рекламная статья: 1 полоса (стр.) — 1500 грн. (200 Евро).

Прогрессивная система скидок

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

Тарифы на рекламу универсальные — одинаковые для журналов «Сварщик» и «Сварщик в России».

При размещении рекламных-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется дополнительная скидка 5%.

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»:

формат журнала после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; **внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 20 мм.**

Цветные: TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC 5–11, include placed images (CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9–12, текст в кривых.

Сопроводительные материалы: желательна распечатка с названием файла и точными размерами макета. Размеры макета должны точно соответствовать вышеуказанным.

Носители: дискеты 3.5" — 2 копии файла или архива, или флэш-диск, или CD-ROM.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в №3 — до 15.05)

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**
тел./ф.: (0 44) **287-66-02**, (050) 413-98-86 (моб.)
e-mail: welder.kiev@gmail.com, tr@welder.kiev.ua

VISTEC ВИСТЕК



- **Производство электродов:**
АНО-4; АНО-21; АНО-36; VISWELD E6013
MP-3; УОНИ-13/45; УОНИ-13/55

ул. Артема, 6, г. Артемовск,
Донецкая область, 84500, Украина
Тел.: +38 (062) 340-19-11, 341-13-42; (0627) 44-02-50
Факс: +38 (062) 340-19-10; +38 (0627) 44-02-50
e-mail: office@vistec.dn.ua
www.vistec.com.ua



ОАО «ЗОНТ»
торговая марка
АВТОГЕНМАШ

Украина, 65104, г. Одесса
пр. Маршала Жукова, 103
тел. (048) 717-0050
факс (048) 715-6950
E-mail: oaozont@zont.com.ua
URL: www.zont.com.ua

- ◆ **Лазерные комплексы**
- ◆ **Плазменные комплексы**
- ◆ **Газорезущее оборудование**
- ◆ **Торговые марки машин —**
«Комета М»,
«Метеор»,
«АСШ-70»,
«Радуга»



WELDOTHERM®
G.M.B.H. ESSEN

Оборудование для термической обработки из Эссена

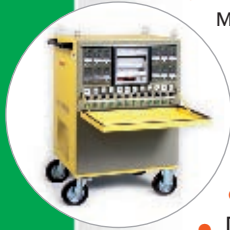
Уже **10 лет** Ваш надежный партнер на рынке Украины

ООО «Велдотерм-Украина»

Филиал Weldotherm® GmbH Essen, Германия

Украина, 77311, Ивано-Франковская обл., г. Калуш-11, а/я 18
Т./ф. (03472) 6-03-30. E-mail: weldotherm@ukrpost.ua

www.weldotherm.if.ua



- Установки для термообработки сварных соединений серии VAS™, Standard™, Standard Europa™.
- Высокоскоростные газовые горелки для проведения объемной термической обработки сосудов целиком.
- Инфракрасные газовые и электрические нагреватели.
- Расходные материалы в ассортименте (изоляция, нагревательные элементы, приборы контроля температуры и т. д.)
- Сдача установок для термообработки сварных соединений в аренду.
- Услуги по термообработке.
- Гарантийное и послегарантийное обслуживание оборудования.

ООО «Триада-сварка»
с 1992 г. на рынке
сварочного оборудования
Украины



**ТРИАДА
СВАРКА**

SEUMA Franus ABICOR BINZEL ASKAYNAK СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОСТАВЩИК
СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



**РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СВАРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**РЕМОНТ ЛЮБОГО
СВАРОЧНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПОЛНАЯ
КОМПЛЕКТАЦИЯ
СВАРОЧНЫХ
ПРОИЗВОДСТВ**

**ПУСКО-НАЛАДОЧНЫЕ
РАБОТЫ**

**ШИРОКИЙ ВЫБОР
СВАРОЧНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Украина, г. Запорожье
ул. 40 лет Сов. Украины, 82, оф. 79
weld@triada.zp.ua
triada-weld.com.ua

тел.: (061) 220-00-79
(061) 213-22-69
факс: (061) 233-10-58
(0612) 34-36-23



ОАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

Украинское предприятие

ОАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий» является на протяжении многих лет одним из крупнейших в Европе производителей сварочных флюсов и силиката натрия. На сегодняшний день мы предлагаем более 20 марок сварочных флюсов.

На заводе разработана и внедрена Система управления качеством с получением Сертификатов TUV NORD CERT на соответствие требованиям стандарта DIN EN ISO 9001-2000 и научно-технического центра «СЕПРОЗ» ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO 9001-2001.

Благодаря тесному сотрудничеству с ИЭС им. Е. О. Патона завод освоил производство сварочных флюсов **двойным рафинированием расплава**. Этот наиболее прогрессивный способ варки флюсов, защищенный патентами, существенно улучшил сварочно-технологические свойства флюсов при сохранении благоприятного соотношения качества и цены.



СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ для автоматической и полуавтоматической сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей.

АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АД, АН-348-АП, АН-47, АН-47Д, АН-47П, АН-60, АН-60М, ОСЦ-45, АНЦ-1А, ОСЦ-45 мелкой фракции. (ГОСТ 9087-81, ТУ У 05416923.049-99, ГОСТ Р 52222-2004).

СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ, силикатный модуль от 2,0 до 3,5. Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.

Продукция сертифицирована в УкрСЕПРО, Системе Российского Морского Регистра судоходства, Госстандарта России, TUV Nord.

Основные потребители — металлургические, машиностроительные, мостостроительные, судостроительные, вагоностроительные предприятия, нефтегазовый комплекс, которым **мы всегда гарантируем стабильность поставок и самые низкие в СНГ цены.**

Наша цель — более полное удовлетворение Ваших потребностей в качественных и современных сварочных материалах.

ОАО «Запорожстеклофлюс»
Украина, 69035, г. Запорожье,
ГСП-356, ул. Диагональная, 2.
Отдел внешнеэкономических
связей и маркетинга

Тел.: +380 (61) 289-0353; 289-0350
Факс: +380 (61) 289-0350; 224-7041
E-mail: market@steklo.zp.ua
<http://www.steklo-flus.com>

Официальный представитель ОАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Российской Федерации
ЗАО «ЕвроЦентр», г. Москва. Отгрузка со складов Москвы, Курска.
Тел. (495) 646-2755, 988-3897 — Коваленко Людмила Викторовна,
Кащавцев Владимир Викторович, Кащавцев Юрий Викторович

- ▶ Сварочное оборудование и аксессуары
- ▶ Газовое оборудование для резки и сварки
- ▶ Средства индивидуальной защиты
- ▶ Средства технической химии
- ▶ Твердая и мягкая пайка
- ▶ Шлифовальные материалы
- ▶ Пилы и лентопильные станки
- ▶ Сварочное оборудование и подсобные комплектующие
- ▶ Сварочные материалы

Дистрибьюторы:
ООО "ВУТМАРК-УКРАИНА"
г. Киев, ул. Плодовая, 16
т./ф. +380 44 392 73 44
info@wutmarc.com.ua
www.wutmarc.com.ua

ООО "ЭКТЕХНОЛОГИЯ"
г. Киев, 03150, ул. Антоновича (Горького), 62
т./ф. +380 44 200 8056
sales@et.ua
www.et.ua

ООО "ТДС",
03127, г. Киев, пер. Коломиевский, 3/1
тел. +380 44 596 93 75
факс +380 44 596 93 70;
welding@welding.kiev.ua



«РИВАЛ-РХЦ» Польша 140В,
87-100 Торунь, Польша,
т. +48 56 66-93-820
ф. +48 56 66-93-805
export@rywal.com.pl
www.rywal.eu

НАША ПРОДУКЦИЯ ПОД ТОРГОВЫМИ МАРКАМИ MOST™ И GOLD™ СЕРТИФИЦИРОВАНА УКРСЕПРО.