



5 (51) 2006

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

5—2006

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 3

Производственный опыт

Электронно-лучевая сварка диска ротора газотурбинного двигателя.
*Ю. В. Бутенко, А. В. Горячек, В. И. Сербин, Л. Е. Тищенко, В. А. Фридман,
Л. М. Лобанов, В. А. Пивторак, А. А. Кайдалов, В. В. Савицкий* 6

Объемная внепечная термическая обработка декомпозеров
объемом 3600 м³. *П. Б. Ловырев, А. И. Лавров, В. А. Бабкин, А. Н. Аминов,
С. М. Мелехин, Ю. П. Казанцев, П. М. Корольков* 10

Восстановление клина тягового хомута автосцепного устройства
железнодорожного транспорта методом ЭШП. *С. В. Федюченко,
О. В. Киселев, Р. А. Липский, Л. А. Закревская, С. Д. Демченко* 14

Наши консультации 15

Технологии и оборудование

Улучшение структуры металла при дуговой сварке с помощью
широкополосных ультразвуковых колебаний.
В. И. Кирьян, А. А. Кайдалов, Д. П. Новикова, И. Л. Богайчук, М. Кеснерс 18

Перспективы использования сварочной проволоки из полуспокойной стали
для изготовления сварочных электродов общего назначения.
И. К. Походня, И. Р. Явдошин, О. И. Фольборт, Я. Н. Коноплицкий 22

Восстановление деталей авиационной техники методом сверхзвукового
плазменного напыления. *В. Н. Пашенко, Е. К. Фень* 26

ОАО «Фирма СЭЛМА» — надежный партнер 29

Жидкое стекло: обеспечение качества сварочных электродов.
Н. В. Скорина, А. Е. Марченко 33

Сварочные полуавтоматы ОАО «КЗЭСО». Идеология и возможности.
Н. В. Манзик 38

МК «Азовсталь» провел ежегодный международный конкурс
профессионального мастерства 41

Сертификация и качество

Основные положения ДСТУ ISO 2560:2004 «Покрытые электроды
для ручной дуговой сварки нелегированных и мелкозернистых сталей».
Н. А. Проценко, А. Е. Марченко 42

Особенности требований гармонизированного стандарта на сварочную
проволоку для сварки в среде защитных газов. *Н. А. Проценко* 46

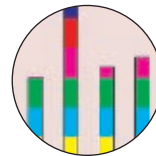
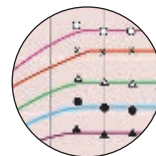
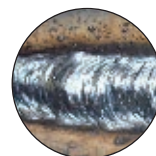
Охрана труда

Гигиеническая характеристика сварки покрытыми электродами.
О. Г. Левченко 48

Из истории инженерного дела

Инженеры путей сообщения Голубевы. *Т. П. Мороз* 50

Соотношение значений твердости по Бринелю, Виккерсу, Роквеллу и Шору ... 53



Новини техніки і технологій	3
Виробничий досвід	
• Електронно-променеве зварювання диска ротора газотурбінного двигуна. Ю. В. Бутенко, А. В. Гарячек, В. І. Сербін, Л. Е. Тищенко, В. А. Фридман, Л. М. Лобанов, В. А. Півторак, А. А. Кайдалов, В. В. Савицький	6
• Об'ємна позапінна термічна обробка декомпозиції об'ємом 3600 м ³ . П. Б. Ловишев, А. І. Лавров, В. А. Бабкін, А. Н. Амінов, С. М. Мелехін, Ю. П. Казанцев, П. М. Корольков	10
• Відновлення клина тягового хомути автозчепного пристрою залізничного транспорту методом ЕШП. С. В. Федюченко, О. В. Кисельов, Р. А. Липський, Л. А. Закревська, С. Д. Демченко	14
Наші консультації	15
Технології і устаткування	
• Поліпшення структури металу при дуговому зварюванні за допомогою широкополосних ультразвукових коливань. В. І. Кир'ян, А. А. Кайдалов, Д. П. Новикова, І. Л. Богайчук, М. Кеснерс	18
• Перспективи використання зварювального дроту з напівспокійної сталі для виготовлення зварювальних електродів загального призначення. І. К. Походня, І. Р. Явдошин, О. І. Фольбоорт, Я. Н. Коноплицький	22
• Відновлення деталей авіаційної техніки методом надзвукового плазмового напилювання. В. Н. Пашченко, Є. К. Фень	26
• ВАТ «Фірма СЕЛМА» — надійний партнер	29
• Рідке скло: забезпечення якості зварювальних електродів. Н. В. Скорина, А. Е. Марченко	33
• Зварювальні напівавтомати ВАТ «КЗЕЗО». Ідеологія й можливості. Н. В. Манзик	38
• МК «Азовсталь» провів щорічний міжнародний конкурс професійної майстерності	41
Сертифікація і якість	
• Основні положення ДСТУ ISO 2560:2004 «Покриті електроди для ручного дугового зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей». Н. А. Проценко, А. Е. Марченко	42
• Особливості вимог гармонізованого стандарту на зварювальний дріт для зварювання в середовищі захисних газів. Н. А. Проценко	46
Охорона праці	
• Гігієнічна характеристика зварювання покритими електродами. О. Г. Левченко	48
3 історії інженерної справи	
• Інженери шляхів сполучення Голубєви. Т. П. Мороз	50
• Співвідношення значень твердості по Бринелю, Віккерсу, Роквеллу й Шору	53
CONTENT	
News of technique and technologies	3
Industrial experience	
• Electron beam welding of a disk of a rotor for gas turbine engine. Yu. V. Butenko, A. V. Goryachek, V. I. Serbin, L. E. Tishchenko, V. A. Fridman, L. M. Lobanov, V. A. Pivtorak, A. A. Kaydalov, V. V. Savitsky	6
• Volumetric thermal treatment of decomposers by volume of 3600 m ³ out of furnace. P. B. Lovyrev, A. I. Lavrov, V. A. Babkin, A. N. Aminov, S. M. Melekhin, Yu. P. Kazantsev, P. M. Korol'kov	10
• Restoration of a wedge of coupler yoke of automatic coupling the device of a railway transport by a method electrosag meting. S. V. Fedyuchenko, O. V. Kiselev, R. A. Lipsky, L. A. Zakrevskaya, S. D. Demchenko	14
Our consultations	15
Technologies and equipment	
• Improvement of structure of metal at arc welding with the help of broadband ultrasonic oscillations. V. I. Kir'yan, A. A. Kaydalov, D. P. Novikova, I. L. Bogaychuk, M. Kesners	18
• Perspectives of use of a welding wire from capped steel for manufacturing of welding electrodes of general assignment. I. K. Pohonnya, I. P. Yavdoshchin, O. I. Fol'boort, Ya. N. Konoplytsky	22
• Restoration of details of air engineering by a method of supersonic plasma deposition. V. I. Pashchenko, E. K. Fen'	26
• Joint Stoch Company «Firm SELMA» — reliable partner	29
• Liquid glass: maintenance of quality of welding electrodes. N. V. Skorina, A. E. Marchenko	33
• Welding semiautomates of JSC «KZESO». Ideology and possibilities. N. V. Manzik	38
• MC «Azovsteel» has spent annual international competition of professional skill	41
Certification and quality	
• The basic rules DSTU ISO 2560:2004 «Covered electrodes for manual arc welding of nonalloyed and fine-grained steels». N. A. Protsenko, A. E. Marchenko	42
• Features of the requirements of harmonized of the standard on a welding wire for welding in protective gases. N. A. Protsenko	46
Labor protection	
• The hygienic characteristic of welding by the covered electrodes. O. G. Levchenko	48
From a history of engineering business	
• The engineers Golubevs of railway track. T. P. Moroz	50
• Ratio of hardness meanings of on Brinel, Vickers, Rocwell and Shor	53

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Учредители

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

Издатель

ГВП «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают**Главный редактор**

Общество сварщиков Украины,
Национальный технический
университет Украины «КПИ»

Зам. главного редактора

Журнал издается при содействии UNIDO

Редакционная коллегия

К. А. Ющенко
Б. В. Юрлов,
Е. К. Доброхотова
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. Высоцкий, Н. М. Кононов,
П. А. Косенко, М. А. Лактионов,
Я. И. Микитин, Г. В. Павленко,
В. Н. Проскудин,
А. Д. Размышляев,
А. В. Щербак

Редакция

Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина

Маркетинг и реклама

В. Г. Абрамшвили

Верстка

Т. Д. Пашигорова, А. Е. Рублева

Адрес редакции

03150 Киев, ул. Горького, 62

Телефон

+380 44 528 3523, 529 8651

Тел./факс

+380 44 287 6502

E-mail

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

URL

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

Представительство в Беларуси

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

Представительство в России

Москва, ООО «Центр
трансфера технологий»
Анита Анатольевна Фокина
+107 495 626 0905, 626 0347
e-mail: cct94@mail.ru

Представительство в Прибалтике

Рига, Янис Андерсонс
+371 7 538 974,
+371 7 538 345 (ф.)
e-mail: janis37@navigator.lv
Вильнюс, Александр Шахов
+370 52 47 4301
ПФ «Рекламос Центрас»

Представительство в Болгарии

София, Стоян Томанов
+359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)
e-mail: evertood@mail.bg
ООД «Еворт-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 24.09.2006. Формат 60×84 1/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура Petersburg. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.
Зак. № 24/09 от 24.09.2006. Тираж 3000 экз.
Печать ООО «Людопринт Украина», 2006.
01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39—41, к. 1012—1014.
Тел. (044) 289—0879, 287—4280.

© «Экотехнология», 2006



Технологический комплекс для ультразвуковой сварки пластмасс

Технологический комплекс для ультразвуковой сварки листовых пластмасс — это малогабаритный компактный ультразвуковой генератор с комплектом необходимых устройств. Он используется для клепки и точечной сварки деталей различной конст-



Техническая характеристика:

<i>Ультразвуковой генератор</i>	
Напряжение питающей сети, В	220
Частота сети, Гц	50
Потребляемая мощность, кВт	0,85
Выходная мощность, кВт	0,4
Рабочая частота, кГц	22
Габаритные размеры, мм	285×360×180
Масса, кг	8
<i>Комплект устройств</i>	
Охлаждение воздушное при давлении, МПа	0,2
Габаритные размеры, мм	250×60
Масса, кг	0,8

рукции в мелкосерийном производстве, где требуется применение переносных сварочных установок.

Комплекс успешно прошел производственные испытания, он удобен и безопасен в работе.

● #707

ОАО «АвтоВАЗ»

Машина «РИТМ–М» для термической резки

ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт технологии судостроения» более 30 лет разрабатывает и производит машины для термической резки листового металла, применяемые как в судостроении, так и в других отраслях промышленности.

Машина серии «РИТМ–М» предназначена для высокопроизводительного и высокоточного резания листов из углеродистых и высоколегированных сталей, цветных металлов и их сплавов. Она оснащена современными системами управления и приводами производства ведущих зарубежных фирм, устройствами стабилизации высоты



плазматрона и автоматическим управлением подачи кислорода при резании.

Модульный принцип построения машин «РИТМ–М» позволяет использовать их для плазменной, газовой или комбинированной резки.

● #708

ФГУП «ЦНИИТС» (Санкт-Петербург)

Техническая характеристика машин серии «РИТМ–М»

Параметр	РИТМ– МА	РИТМ–М ППл (плазменная резка)	РИТМ–М ПКП (кислородная резка)	РИТМ–М ППлКП (комбинированная резка)
Толщина разрезаемого листа, см:				
плазменная резка	1–60	1–100	–	1–100
кислородная резка	4–200	–	5–200	
микроплазменная резка	1–20	1–16	–	1–16
Ширина разрезаемого листа, м	2,0	2,5–5,0		
Длина разрезаемого листа (базовая), м	6,0			
Горючий газ	Ацетилен, пропан-бутан, природный газ	–	Ацетилен, пропан-бутан, природный газ	
Максимальная контурная скорость перемещения резака, м/мин	12			
Потребляемая мощность, кВт, не более	130	130	3	130

Комплекс ЛАБС-7К для размагничивания труб

Намагниченность труб создает большие трудности при сварке. Комплекс ЛАБС-7К предназначен для размагничивания и компенсации магнитного поля трубы в зоне стыка перед сваркой с целью исключения эффекта магнитного дутья и обеспечения высокого качества сварного шва.

В состав комплекса входят катушка компенсатора, блок управления, магнитометр.

Для размагничивания используют короткую катушку компенсатора, состоящую из нескольких витков. Катушка создает сильное переменное поле, которое накладывается на слабое собственное постоянное



Техническая характеристика:

Напряжение питания, В.	220–240 (50 Гц)
Потребляемая мощность, кВт.	2–5
Компенсирующее поле, мТл (на трубах диаметром 220–1440) ..	70–110
Точность регулировки компенсирующего поля, мТл.	0,1
Масса комплекса (с катушкой компенсатора), кг, не более.	25

поле намагниченной трубы. Переменное поле размагничивает намагниченный участок трубы, а подчиненное постоянное поле компенсирует статическое магнитное поле, присутствующее в месте расположения размагничивающей катушки.

Эффект размагничивания зависит от электропроводности материала трубы и частоты намагничивания переменного поля. Для устройства ЛАБС-7К используется напряжение питания промышленной частоты. Оно позволяет надежно размагничивать стальные трубы с толщиной стенки до 25 мм.

Магнитометр НВ-1200 А предназначен для измерения индукции постоянного магнитного поля. В качестве датчика использован преобразователь Холла. Пределы измерения магнитного поля до 250 мТл, точность 0,01 мТл.

● #709

«Машиностроительный завод ВПЕРЕД»
(Санкт-Петербург)

ОМК увеличивает мощности по антикоррозионному покрытию труб большого диаметра

Объединенная металлургическая компания (ЗАО «ОМК») приняла решение о строительстве на Выксунском металлургическом заводе (ОАО «ВМЗ», Нижегородская область) двух новых линий внешнего антикоррозионного покрытия (АКП) труб большого диаметра (ТБД), а также о модернизации линии внутреннего антикоррозионного покрытия ТБД.

Сегодня на базе трубоэлектросварочного комплекса по производству труб большого диаметра (ТЭСК ТБД) на ВМЗ уже действует первая в России линия по нанесению внешнего АКП на трубы большого диаметра. Линия включает в себя установки дробе-метной обработки внутренней и внешней поверхности труб, установки нанесения

внутреннего и внешнего покрытия, установки для проверки сплошности нанесенного покрытия, а также инспекционный контроль. Нанесение наружного и внутреннего АКП гарантирует срок службы труб до 40–50 лет.

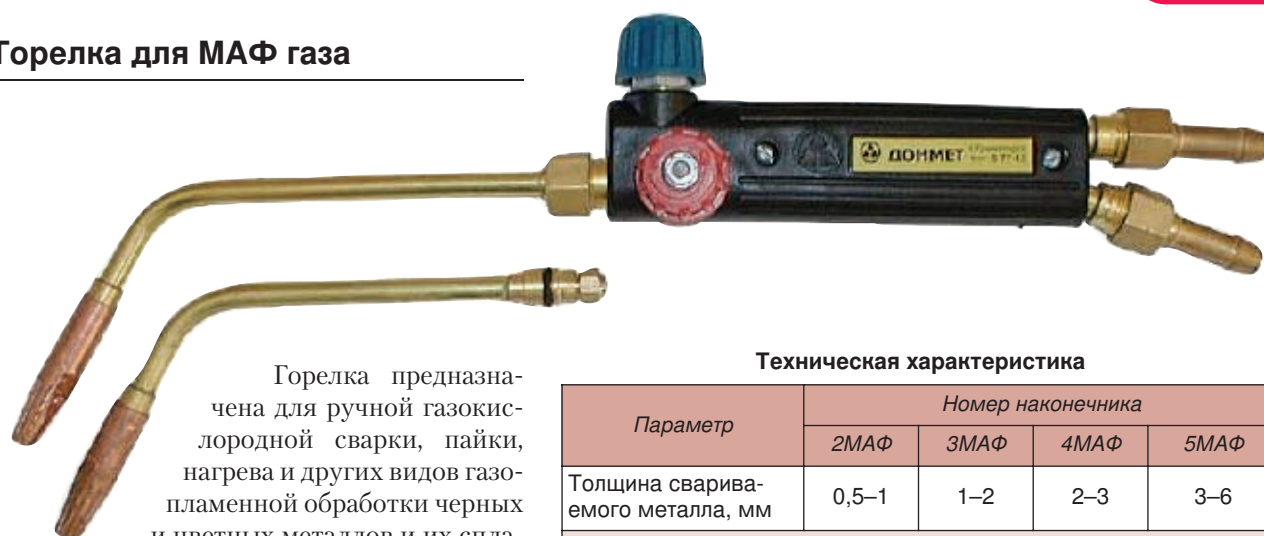
В настоящее время ведется проектирование двух дополнительных линий АКП. Строительство планируется завершить в январе 2008 г. Новые линии будут предназначены для нанесения наружного антикоррозионного полиэтиленового покрытия на трубы диаметром 530–1420 мм с толщиной стенки до 48 мм. Оборудование двух новых линий АКП будет аналогичным уже установленному на ВМЗ, но более универсальным по техническим характеристикам.

В дальнейшем ОМК планирует также установить в ТЭСК ТБД ВМЗ дополнительные линии внутреннего покрытия труб диаметром до 1020 мм.

● #710

www.metalcom.ru

Горелка для МАФ газа



Горелка предназначена для ручной газокислородной сварки, пайки, нагрева и других видов газопламенной обработки черных и цветных металлов и их сплавов. Она работает на газокислородной смеси с использованием в качестве горючего МАФ газа метилацетиленалленовой фракции (сварка МАФ газом экономичнее в два раза). В горелке применена специальная конструкция мундштука для стабилизации пламени. С помощью горелки обеспечивается качественная сварка металлов толщиной до 6 мм.

Сварку листового металла и труб толщиной менее 4 мм производят за один проход. Металл толщиной более 4 мм сваривают за два прохода — корневым швом и заполняющим.

● #711

Завод автогенного оборудования
«ДОНМЕТ» (Краматорск)

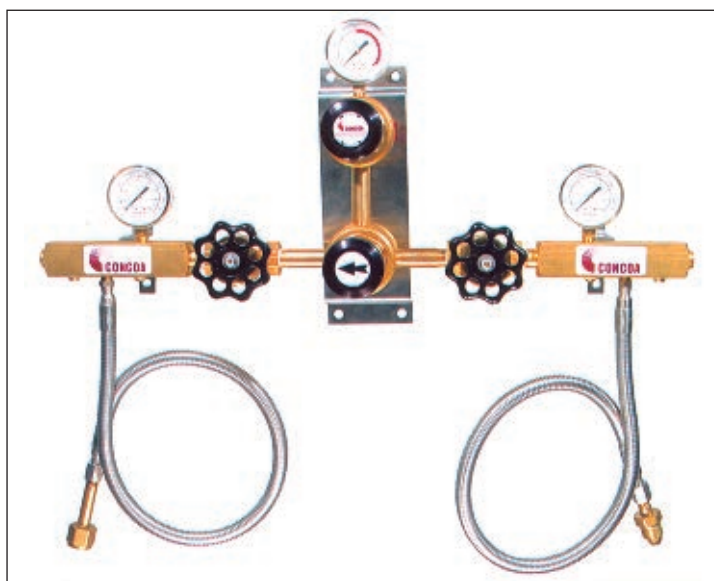
Техническая характеристика

Параметр	Номер наконечника			
	2МФ	3МФ	4МФ	5МФ
Толщина свариваемого металла, мм	0,5–1	1–2	2–3	3–6
Давление, МПа:				
кислорода	0,02–0,25			
МФ газа	0,0025–0,12			
Расход, л/ч:				
кислорода	290–370	470–490	640–730	1100–1250
МФ газа	80–92	110–113	160–190	300–340
Температура пламени, °С	2927			
Длина горелки, мм, с наконечником № 3	400			
Масса горелки, кг, с наконечником № 3	0,37			
Внутренний диаметр присоединяемых рукавов, мм	6 или 9			

Новое высокопроточное газораспределительное устройство

Фирма CONCOA (США) разработала новое высокопроточное газораспределительное устройство серии 632 на давление 0,1; 0,3 и 0,8 МПа. Это устройство можно применять при резке, очистке, сварке и термообработке.

Устройство можно использовать как для баллонов высокого давления, так и для баллонов с жидкостями. При работе с кислородом, углекислым газом и инертными газами устройство удовлетворяет всем требованиям безопасности при работе с горючими газами (в том числе и с водородом). Устройство вместе с коллектором серии 628 или 629 позволяет снабжать газом 50–75 пользователей от баллонов с ацетиленом низкого давления, пропаном или газом МАФ. Конструкция бронзовых штоков



обеспечивает максимальное входное давление до 30 МПа.

● #712

www.concoa.com



Электронно-лучевая сварка диска ротора газотурбинного двигателя

Ю. В. Бутенко, А. В. Горячек, В. И. Сербин, Л. Е. Тищенко, В. А. Фридман, ГП НПКГ «Зоря» — «Машпроект» (Николаев), Л. М. Лобанов, академик НАН Украины, В. А. Пивторак, канд. физ.-мат. наук, А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, В. В. Савицкий, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Одной из ответственных деталей газотурбинных двигателей является сварной диск ротора. Специфика работы диска состоит в высоких нагрузках и температуре, вызывающих ползучесть материала диска, и неравномерном по радиусу и непостоянном во времени распределении температур, обуславливающих наложение часто периодически изменяющихся во времени температурных напряжений. В процессе работы диска изменяются, как правило, и его механические свойства, и напряженное состояние.

Рис. 1. Геометрические размеры диска и расположение сварного шва

С целью повышения надежности диска ротора была разработана новая технология его изготовления с применением электронно-лучевой сварки. Благодаря узкому и глубокому проплавлению, а также малой зоне термического влияния, обеспечиваются лучшие прочностные характеристики диска

и меньшие остаточные напряжения в нем после изготовления.

Диски изготавливают из хромо-никелевой стали мартенситного типа 07X12НМБФ-Ш (ЭП-609Ш), применяемой в турбостроении. Каждый диск первоначально состоит из двух деталей: ступицы А и обода Б (рис. 1).

Технология изготовления сварного диска состоит в следующем. Перед сваркой детали диска подвергают двухстадийной термообработке:

1) закалке при температуре 1030 °С в течение 1,5 ч, затем охлаждению в масле;

2) отпуску при температуре 630 °С в течение 2,5 ч, затем охлаждению на воздухе.

Сборку ступицы и обода выполняют с натягом 0,03–0,07 мм, после чего наносят прихватки аргонодуговой сваркой со стороны корня будущего шва. Размагничивают диски перед сваркой с помощью устройства ПМ-1, разработанного в НПКГ «Зоря» — «Машпроект». Остаточная намагниченность не должна превышать $6,28 \cdot 10^{-3}$ А/м. Толщина металла в месте сварки составляет 20 мм.

Сварку диска выполняют электронным пучком на сварочной установке с энергоблоком ЭЛА-30 (ускоряющее напряжение 60 кВ) и системой развертки электронного пучка СУ-165. Сварку выполняют за два прохода. Первый (основной) проход осуществляют на режиме: скорость сварки 2,8 мм/с, мощность электронного пучка 8,4 кВт, круговая развертка электронного пучка с частотой 420 Гц и диаметром 0,7 мм. Второй (косметический) проход выполняют расфокусированным электронным пучком пониженной мощности. При сварке оси планшайбы вращателя и свариваемого диска располагают в вертикальном положении. Ось электронной пушки находится в горизонтальном положении, и пушка остается неподвижной (рис. 2).

После электронно-лучевой сварки для частичного снятия остаточных напряжений диски отжигают следующим образом: нагрев до температуры 620 °С, выдержка при

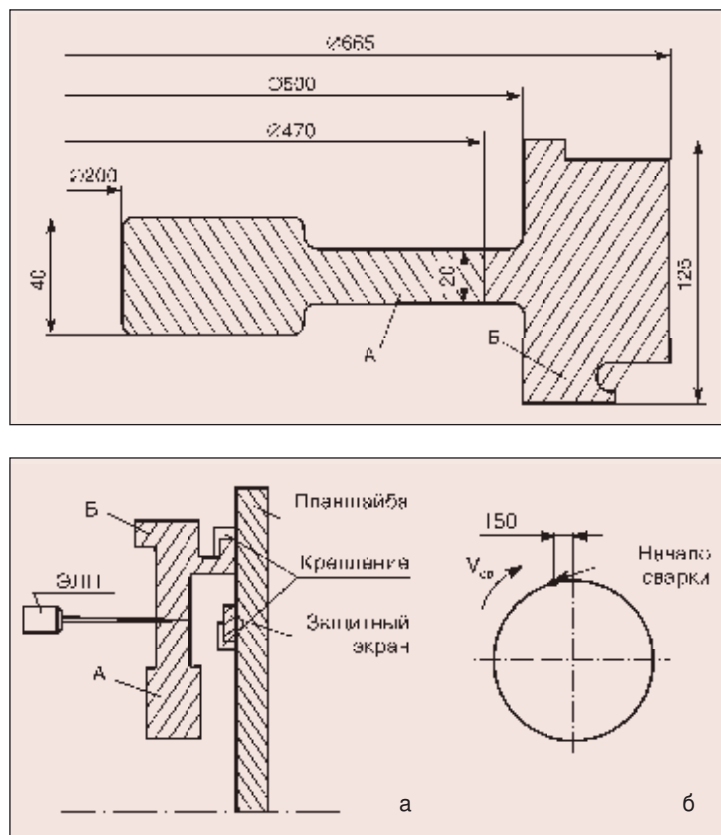


Рис. 2. Крепление диска в камере (а) и схема сварки (б): ЭЛП — электронная пушка; $V_{св}$ — скорость сварки

данной температуре в течение 2,5 ч и последующее охлаждение на воздухе.

Далее полотно диска в месте сварного шва подвергают токарной обработке, толщину диска здесь уменьшают до 10 мм с плавным переходом на детали ступицы и обода. Таким образом, сварной шов приобретает равномерную ширину.

Все эти технологические операции направлены на создание бездефектного сварного соединения с минимальными остаточными напряжениями в диске.

Сварные диски проходят контроль качества с помощью рентгенографии и цветной дефектоскопии. При наличии трещин в сварном шве, что может быть вызвано неточным попаданием электронного пучка в стык, шов ремонтируют. Для этого вначале выполняют переплав сварного шва двумя последовательными проходами электронным пучком, оставшуюся трещину (устранить полностью трещины переваркой шва невозможно) выявляют рентгенконтролем и высверливают, образовавшееся углубление заваривают с подачей присадочной проволоки.

Исследования показали, что разрушение сварных образцов, испытанных на растяжение, происходит по основному материалу на расстоянии более 5 мм от сварного шва. Полученные значения σ_B , $\sigma_{0,2}$ и ψ соответствуют показателям этих же механических свойств основного материала обода и ступицы. Ударная вязкость металла сварного шва оказалась ниже ударной вязкости основного материала обода и ступицы. Твердость металла сварного шва (302–321 НВ) была выше твердости основного материала диска (277–285 НВ), однако оба показателя находятся в пределах допустимого интервала твердости по нормам для стали ЭП–609Ш.

Разгонные испытания проводили на диске, который был установлен в роторе (состыкован с цапфой и насажен на вал), сбалансирован, обмерен (измерили наружный диаметр диска) и смонтирован в разгонной камере на стенде ВРД–500. Целью разгонных испытаний являлось определение несущей способности диска в месте кольцевого сварного соединения. В связи с этим диск для испытаний имел в месте сварки утонение для локализации разрушения по заданному сечению. Испытания проводили в несколько этапов по следующей программе: запуск установки; плавное повышение частоты вращения; выдержка не менее 3 мин на максимальной частоте вра-

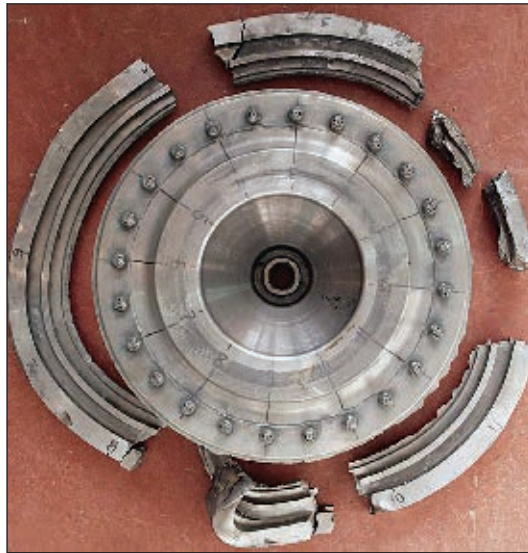


Рис. 3.
Диск после
разрушения

щения; остановка и охлаждение диска до температуры окружающей среды. После завершения каждого этапа и охлаждения диска до температуры окружающей среды измеряли наружный диаметр диска в шести его сечениях (диск находился в разгонной камере). Усредненные результаты измерений диаметра диска в зависимости от частоты его вращения:

<i>Частота вращения, об/мин</i>	<i>Наружный диаметр диска, мм</i>
0	629,94
12000	630,09
12500	630,13
13000	630,13
13500	630,21

Разрушение диска произошло на частоте вращения 14650 об/мин, при этом коэффициент снижения запаса по разрушающей частоте вращения по сравнению с расчетной оценкой 0,95 составил 0,99.

В результате разрушения ободная часть диска распалась на несколько фрагментов (рис. 3). Начало разрушения произошло в области проточки в месте расположения сварного шва, самой напряженной части диска. На протяжении более чем 4/5 периметра круговой проточки разрушение развивалось в плоскости максимальных растягивающих напряжений под углом примерно 45° с началом со стороны полотна. Присутствие дефектов в исходном материале и сварном шве по данным анализа разломов не выявлено. Макро- и микроисследования области разрушения показали, что разрушение начинается в зоне термического влияния основного материала полотна диска и заканчивается в центре сварного шва с другой стороны диска.

Были исследованы также остаточные напряжения в сварном диске методом электронной спекл-интерферометрии. Этот метод определения остаточных напряжений основан на использовании оптической схемы интерферометра (рис. 4, а). Исследуемый участок объекта освещают под одним и тем же углом симметрии с двух направлений, что позволяет определять плоскостные компоненты вектора перемещений, которые характеризуют деформацию объекта в его плоскости.

Для определения остаточных напряжений в элементах и узлах конструкций на основе этой оптической схемы в ИЭС им. Е. О. Патона были разработаны методика определения остаточных напряжений и изготовлен малогабаритный прибор, который устанавливают непосредственно на поверхность исследуемого объекта (рис. 4, б). В состав прибора входят световод 1, лазер 2, CCD-камера 3, компьютер 4, спекл-интерферометр 5.

Измерение выполняют в такой последовательности. Прибор устанавливают на поверхности объекта. Отраженную световую волну, характеризующую исходное состояние контролируемого участка, с помощью CCD-камеры вводят в память компьютера.

Рис. 4. Спекл-интерферометрическая измерительная система: а — оптическая схема спекл-интерферометра; б — общий вид измерительной системы

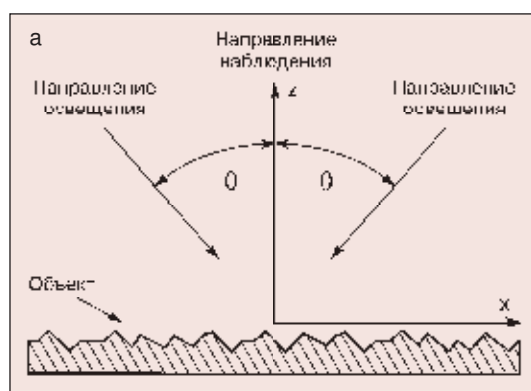


Таблица. Распределение остаточных напряжений вдоль основных сечений I–IV

L, мм	σ_{xx} , МПа	σ_{yy} , МПа	τ_{xy} , МПа
Остаточные напряжения вдоль сечения I			
112	217,85	6,32	17,29
122	195,85	28,65	2,5
132	165,02	37,36	-14,02
195	125,38	55,15	0,88
202	128,23	83,31	6,49
282	-138,23	27,6	-8,86
292	-128,45	43,56	20,11
302	-120,93	43,09	11,98
Остаточные напряжения вдоль сечения II			
122	194,84	23,25	-26,9
132	165,96	43,32	-4,87
142	153,79	23,2	3,26
195	144,52	56,44	5,01
202	141,2	88,51	7,56
282	-143,2	37,98	-18,16
292	-126,08	57,16	3,42
302	-135,51	37,58	17,14
Остаточные напряжения вдоль сечения III			
112	231,14	2,34	11,84
122	209,31	11,05	-16,94
132	179,96	32,07	-2,39
195	154,81	39,79	3,76
202	149,03	88,63	-3,27
282	-158,51	41,3	-12,02
292	-150,11	34,01	-7,21
302	-115,71	37,56	11,5
302	-116,86	38,02	11,9
Остаточные напряжения вдоль сечения IV			
122	216,4	29,14	-5,93
132	177,79	27,98	-6,18
142	163,25	39,99	15,56
195	144,6	49,02	9,68
202	143,36	74,9	22,47
282	-136,24	57,13	20,62
292	-124,34	32,31	-24
302	-104,07	43	14,41

Примечание. σ_{xx} , σ_{yy} , τ_{xy} — остаточные напряжения по декартовым координатам.

После упругой разгрузки напряжений путем сверления несквозного отверстия диаметром и глубиной примерно 1–2 мм отраженную световую волну вводят в память компьютера аналогично исходной световой волне. Путем компьютерной обработки этих двух световых волн создают и наблюдают на мониторе интерференционную картину полос в окрестности отверстия, которая содержит информацию о значении остаточных напряжений в контролируемой точке исследуемого участка объекта.

На рис. 5, 6 показаны расположение и размеры контролируемых участков, сечения и области, в которых определяли остаточные напряжения.

Были определены остаточные напряжения в исследуемых сечениях I–IV (таблица). Анализ результатов показал, что имеющиеся остаточные напряжения распределены неравномерно на поверхности ступицы, полотна и обода. В отличие от ступицы и полотна на поверхности обода действуют сжимающие напряжения, что благоприятно сказывается на работоспособности диска. Поэтому проведенные разгонные испытания модельного диска не обнаружили существенного влияния остаточных напряжений на его прочность.

Таким образом, новая технология изготовления сварного диска ротора турбины с применением электронно-лучевой сварки обеспечивает выполнение требований к прочности диска и не приводит к возникновению больших остаточных напряжений. Разработана также и технология ремонта сварного соединения на диске. ● #713

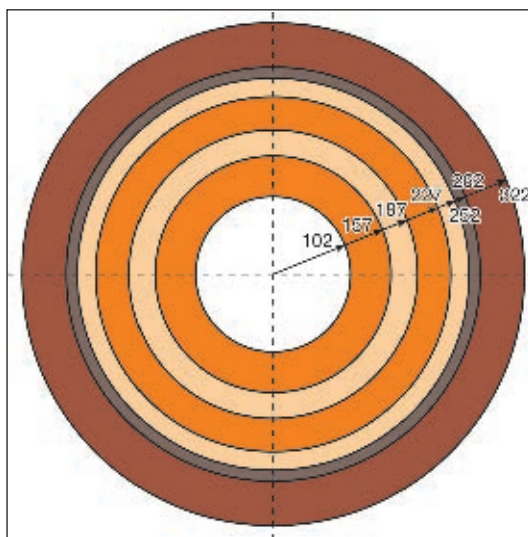


Рис. 5. Схема расположения и размеры контролируемых участков на сварном диске

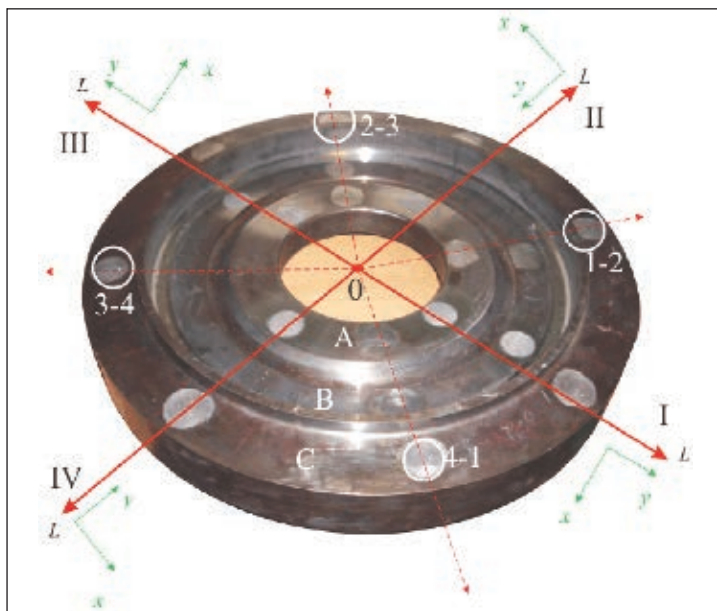
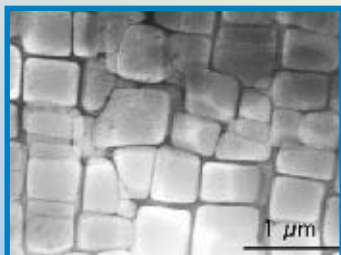


Рис. 6. Схема исследуемых сечений и областей при определении остаточных напряжений в сварном диске

Новые жаропрочные суперсплавы

Японские исследователи создали суперсплавы на основе кобальта и иридия, которые смогут улучшить характеристики газотурбин и ракетных двигателей. Современная аэрокосмическая техника

Суперсплавы представляют собой плотно упакованные кубики микрокристаллов в неупорядоченном сплаве (изображение с сайта www.msm.cam.ac.uk)



предъявляет высокие требования к используемым материалам. К стандартным требованиям легкости и высокой прочности прибавляется и жаропрочность. Возникает потребность в новом классе твердых, нехрупких, коррозионно- и износоустойчивых, а самое главное — жаропрочных материалов.

На сегодняшний день для этих целей используются никелевые суперсплавы. Но технический прогресс неумолим, температура в ракетных двигателях растет, и потому

физики ищут новые соединения, которые должны прийти на смену никелевым суперсплавам. В статье исследователей из Университета Тохоку (Япония) J. Sato et al., Science, Vol. 312, No. 5770, p. 90 (7 April 2006) были описаны два новых класса суперсплавов, свойства которых существенно превосходят свойства никелевых соединений. Японцы обнаружили, что суперсплавы на основе кобальта с добавками алюминия, вольфрама и тантала (в частности, Co–8,8Al–9,8W–2Ta, где числа обозначают процентное содержание добавок; кобальт составляет все остальное), а также на основе иридия (Ir–10Al–10W) обладают не только более высокими температурами размягчения, но и большей твердостью, чем стандартные промышленные никелевые суперсплавы.

Переход на эти сплавы позволит увеличить диапазон рабочих температур, как минимум, на сотню градусов. Но, по мнению авторов, это не предел. Не исключено, что на основе кобальта и иридия удастся создать суперсплав с еще более впечатляющими характеристиками.

www.dynastyfdn.com

Объемная внепечная термическая обработка декомпозеров объемом 3600 м³

П. Б. Ловырев, А. И. Лавров, В. А. Бабкин, ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» (Волгоград),
А. Н. Аминов, С. М. Мелехин, Ю. П. Казанцев, ОАО «БАЗ-СУАЛ» (Краснотурьинск),
П. М. Корольков, ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» (Москва)

В планах реконструкции Богословского алюминиевого завода-филиала ОАО «СУАЛ» было предусмотрено строительство замещающей батареи декомпозеров глиноземного цеха. В связи с большими габаритом и массой, исключаящими возможность доставки полностью или даже в частично собранном виде на объект эксплуатации, декомпозеры поставляли отдельными деталями в виде вальцованных и плоских листов, а также отдельными узлами. Поэлементную сборку корпусов осуществляли непосредственно на строительномонтажной площадке предприятия.

В окончательном виде корпус декомпозера представляет собой тонкостенный вертикально установленный цилиндрический сосуд с верхними и нижним плоскими днищами, внутренним диаметром 12000 мм, высотой 32000 мм и объемом 3600 м³, конструктивно состоящий из 16 разнотолщинных обечайек высотой 2190 мм каждая с толщиной стенок от 30 (нижняя обечайка) до 10 мм (верхняя обечайка), соединенных между собой кольцевыми сварными швами. В свою очередь, каждую обечайку собирают

из вальцованных листов-сегментов, соединенных продольными сварными швами. Материал корпуса — сталь СтЗсп5 по ГОСТ 380–94, общая масса декомпозера 190 т.

Декомпозер предназначен для разложения алюминатного раствора с выделением в твердую фазу гидрооксида алюминия $Al(OH)_3$. Алюминатный раствор содержит 195 г/л NaOH и до 150 г/л Al_2O_3 и является средой, способствующей коррозионному растрескиванию металла, интенсивность которого во многом зависит от напряженного состояния оболочки декомпозера.

Монтажные сварные соединения выполняли ручной дуговой сваркой электродами УОНИ–13/55, вызывающей появление значительного уровня сварочных напряжений, близких к оптимальному уровню предела текучести основного металла (примерно 250 МПа). Большое количество сварных швов (более 900 м) обуславливает появление в корпусе сварной конструкции значительного уровня объемных напряжений. При этом необходимо учитывать также сборочно-монтажные напряжения, возникающие при вальцовке элементов корпуса декомпозера, подгонке свариваемых кромок, а также массу декомпозеров и ветровые нагрузки.

Для обеспечения работоспособности декомпозеров в МВТУ им. Баумана в 1960-х гг. была проведена большая научно-исследовательская работа, результатом которой явился вывод о необходимости проведения термообработки сварных соединений по режиму высокого отпуска с нагревом до 550–650 °С и выдержкой не менее 1 ч с целью снижения уровня сварочных напряжений. Разработанная технология местной термообработки позволяла обрабатывать только кольцевые сварные соединения. Высказывалась идея об объемной термообработке целиком смонтированного декомпозера, но в это время технических средств для осуществления такой технологии не было.

До настоящего времени для местной термообработки сварных соединений декомпо-

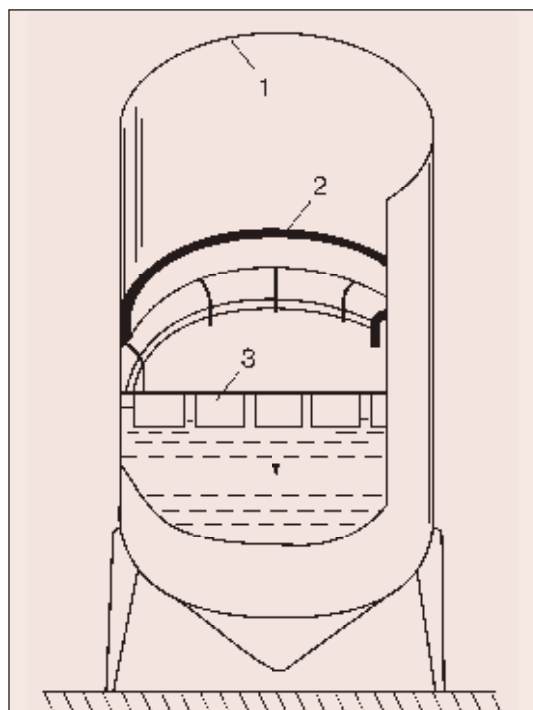


Рис. 1.
Схема
кольцевой
термо-
обработки
декомпозера
с установкой
нагреватель-
ного
кольцевого
устройства
внутри
декомпозера
на понтонах:
1 — корпус
декомпозера;
2 —
кольцевой
электро-
нагреватель;
3 — понтон

зеров с целью снижения сварочных напряжений используют три технологии:

- корпус декомпозера наполняют водой, на поверхность которой устанавливают понтон с размещенными на нем, как правило, электронагревателями сопротивления шириной 450 мм (рис. 1). Уровень воды постепенно снижают с задержкой в районе кольцевых швов, которые подвергают термообработке с использованием установленных на понтоне средств нагрева. Такой обработке подвергают только кольцевые сварные соединения с большим циклом термообработки (двое суток). При этом продольные сварные соединения подвергают термообработке после проведения сборочных работ вместе с обечайками в течение суток, что приводит к значительному увеличению стоимости и срока строительства, а также вызывает значительные деформации. Срок выполнения данной технологии для термообработки сварных соединений декомпозера диаметром 9 м и высотой 32 м составляет 60 сут. При диаметре 12 м этот срок должен быть еще больше;
- сварные соединения обрабатывают методом взрыва (динамическая обработка). Заряд в виде твердой пластины или шнура укладывают на сварной шов, и взрывная волна вызывает в металле сварного шва пластические деформации, которые приводят к снижению уровня сварочных напряжений. При этой технологии значительные трудности возникают при соблюдении правил техники безопасности и хранения взрывчатых веществ. Недостатком также является снижение пластических свойств металла. Этот метод не получил полного признания Международного института сварки и в последние годы его не применяют;
- для местной термообработки используют электронагреватели сопротивления типа ГЭН и др., однако этот процесс трудоемок и занимает много времени.

Вышеуказанные методы обработки для снижения сварочных напряжений влияют только на напряженное состояние сварных соединений, не уменьшая объемные напряжения конструкции в целом. Кроме того, неточности в проведении циклов местной обработки могут вызвать рост напряженного состояния всей конструкции.

С целью снижения сварочных напряжений все сварные соединения декомпозеров объемом 3600 м³ в соответствии с требованиями нормативно-технических документации, а также «Техническими условиями на корпус декомпозера V=3600 м³, диаметр 12 м» (1527714–КМ1.ТУ) должны быть термообработаны по режиму высокого отпуска. Учитывая достижения последних лет в отечественной технике и технологии термообработки сварных соединений и корпусов емкостных конструкций, ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» и ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» предложили применить объемную (полную) термообработку целиком смонтирован-

ных декомпозеров с использованием внепечного нагрева от теплонагревательных устройств.

Способ внепечной термической обработки заключается в нагреве внутреннего объема изделия, предварительно теплоизолированного с наружной поверхности, продуктами сгорания жидкого топлива, полученными в процессе работы специальных теплогенераторных устройств. Нагревают по режиму высокого отпуска весь корпус изделия, а следовательно, одновременно и все выполненные сварные соединения, что позволяет значительно сократить технологический цикл и обеспечить высокое качество термообработки.

В конкретном случае практическая реализация данного способа при нагреве конструкций таких размеров и исполнения связана с решением и тщательной проработкой ряда технических и технологических вопросов, а именно:

- большие размеры обогреваемой внутренней поверхности, затрудняющие ее равномерный нагрев, в результате чего создается опасность перегрева обрабатываемого металла на одних участках и недостаточного нагрева на других, что может привести к значительным деформациям корпуса декомпозера;
- различная толщина стенки обечайки сосуда, изменяющаяся по высоте с 30 мм у основания и до 10 мм у верхнего днища, что также не способствует равномерному распределению температуры;
- отсутствие необходимого количества отверстий в корпусе декомпозера для ввода теплоносителя;
- относительно высокий уровень напряжений в конструкции, вызываемых силой тяжести и ветровой нагрузкой.

Сложность задачи заключалась также в том, что термообработку необходимо было выполнить в короткие сроки, связанные с плановыми сроками ввода замещающей батареи в эксплуатацию, а также в отсутствии опыта применения внепечного нагрева при термообработке подобных крупногабаритных изделий. Аналоги проведения подобных работ в отечественной практике отсутствуют.

Поэтому сначала были выполнены расчеты тепловых и прочностных параметров и выбрана оптимальная схема нагрева, обеспечивающая равномерное распределение температуры по всей обогреваемой поверхности с учетом изменения толщины стенки декомпозера, а также определено количество источников теплоты, необходимых для термообработки, и их взаимное расположение. В качестве базового источника тепловой энергии применяли жидкотопливный теплогенератор ТГЖ–1 с максимальной установленной мощностью 1 МВт.

Выполненные расчеты подтвердили, что свойства материала при температуре высокого отпуска обеспечивают необходимый запас прочности конструкции.

Учитывая высокую стоимость конструкции и тяжелые последствия аварии, даже при ее малой вероятности, заказчик дополнительно к имеющимся расчетам провел экспертизу возможности проведения объемной термической обработки декомпозера с привлечением независимой сторонней организации — ООО «Научно-техническое предприятие «Динамика и прочность» (Санкт-Петербург). Результаты расчетно-экспериментальных исследований, полученные при экспертизе, позволили сделать заключение о безопасном с точки зрения прочности конструкции предлагаемого способа термической обработки. Расчетные данные, а также выводы экспертизы легли в основу разработки и внедрения технологии внепечного нагрева.

Подготовка изделия к термообработке предусматривает вырезку на корпусе декомпозера специальных технологических отверстий для ввода теплоносителя. Отверстия вырезали на двух уровнях: 1,25 и 12 м в количестве четырех на каждом, со смещением относительно друг друга на 45° (рис. 2). Места расположения отверстий согласно проведенным тепловым расчетам и подаче через них теплоносителя обеспечивали возможность равномерного нагрева всей по-

верхности конструкции. В отверстия вваривали штуцеры, через которые устанавливали устройства ввода теплоносителя, совмещенные с теплогенераторами. Всю поверхность корпуса закрывали минераловатными матами марки М1–100 (ГОСТ 21880–94) в два слоя по 60 мм каждый.

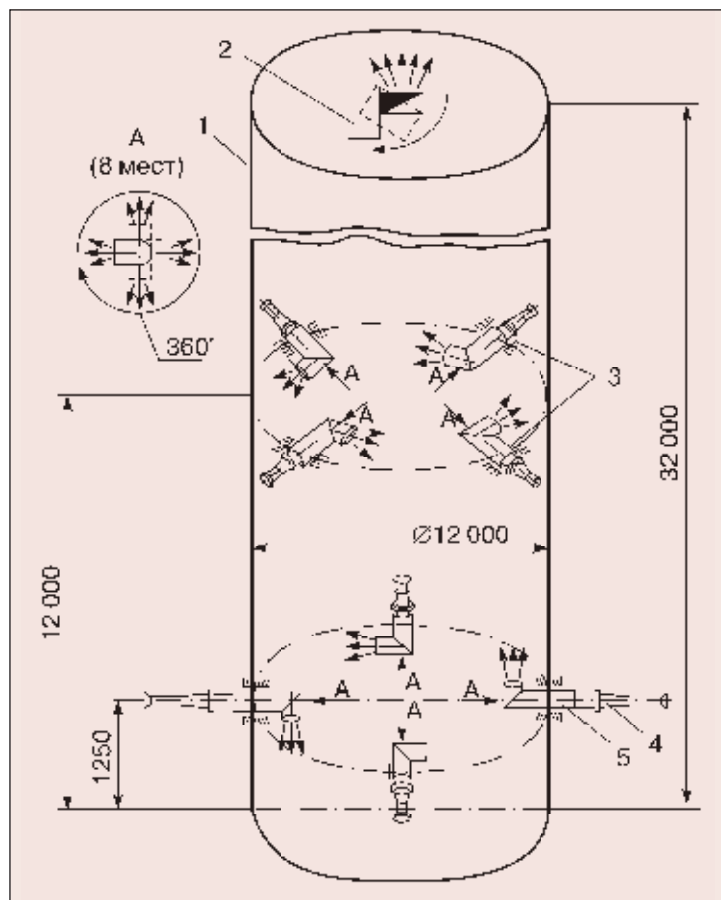
Для контроля и записи температурного режима на наружной поверхности установили 36 термоэлектрических преобразователей типа ТХА(К), соединенных с тремя 12-точечными потенциометрами типа ФЩЛ 501–14. Расположение термопар, а также их количество выбирали таким образом, чтобы была возможность контролировать процесс изменения температуры нагрева как по высоте, так и по диаметру конструкции (рис. 3).

Для удобства работы на монтажных площадках рядом с каждым теплогенератором установили топливную емкость вместимостью 1000 дм³. К объекту термообработки была подведена магистраль сжатого воздуха, удовлетворяющая всем необходимым требованиям к расходу и давлению.

Процесс самой термообработки заключался в нагреве внутреннего объема декомпозера продуктами сгорания жидкого топлива (в данном случае дизельного), получаемыми в процессе одновременной работы восьми теплогенераторных устройств. Топливо из емкостей попадало на эжекторы теплогенераторов и в камеры сгорания за счет энергии сжатого воздуха, подаваемого из воздушной магистрали. Режим работы регулировали, изменяя подачу топлива и воздуха в камеры сгорания. Особенность конструкции применяемых теплогенераторов обеспечивала высокую скорость подачи теплоносителя во внутренний объем нагреваемого объекта, что в свою очередь вызывало интенсивную рециркуляцию продуктов сгорания в его внутреннем пространстве и способствовало равномерному распределению температуры по всей площади нагреваемой поверхности. Продукты сгорания поступали через устройства ввода теплоносителя, закрепленные во фланцах вваренных штуцеров, причем предложенная конструкция позволяла при необходимости изменять направление тепловых потоков. Выход продуктов сгорания осуществлялся через отверстие на верхней крышке декомпозера. Количество выходящих продуктов сгорания регулировали, изменяя положение заслонки (см. рис. 2).

Нагрев проводили вручную и контролировали по показаниям потенциометров контрольно-регистрирующих приборов.

Рис. 2.
Схема термообработки декомпозера:
1 — корпус;
2 — теплогенератор;
3 — устройство ввода теплоносителя;
4 — заслонка;
5 — технологические отверстия



Восстановление клина тягового хомута автосцепного устройства железнодорожного транспорта методом ЭШП

С. В. Федюченко, О. В. Киселев, Р. А. Липский, Л. А. Закревская, С. Д. Демченко,
ОАО «Запорожский электровозоремонтный завод» (Запорожье)

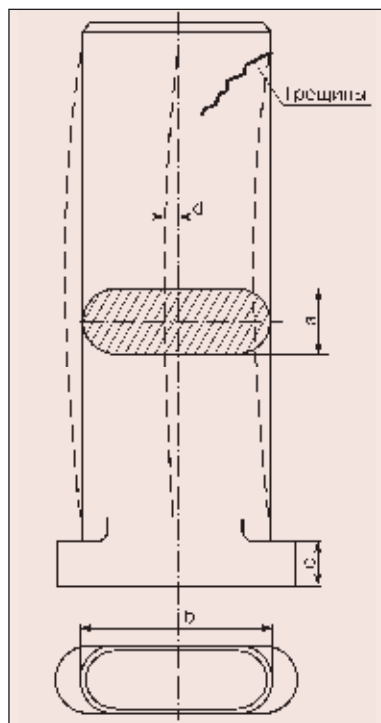


Рис. 1. Клин тягового хомута (дефекты: $a < 28,0$ мм, $b < 88,0$ мм, $c < 15,0$ мм, $d < 3,0$ мм)

Клин тягового хомута является одной из ответственных деталей автосцепок железнодорожных подвижных составов, несущей в процессе эксплуатации значительные динамические компрессионные нагрузки. Особые требования при эксплуатации (высокая прочность, упругость и износостойкость) обеспечены выбором материала для его изготовления — стали 38ХС, относящейся по технологическим свойствам к группе трудносвариваемых.

При ремонте, требующем разборки автосцепки, клин тягового хомута проверяют на наличие дефектов. Его отбраковывают («Инструкция ЦВ–ЦЛ–ЦТ–0014»), если обнаружены следующие дефекты (рис. 1):

- трещины любого размера и местонахождения;
- уменьшение в результате изнашивания толщины a , ширины b , высоты c буртика;
- наличие осевого изгиба d .

Существует технология ремонта сваркой (осадка в штампе с последующей доплавкой механизированной или ручной дуговой сваркой), которую применяют для ремонта малых партий клиньев, за исключением тех, которые имеют трещины.

Специалистами ОАО «Запорожский электровозоремонтный завод» в 2001 г. была разработана и внедрена технология изготовления и восстановления клина тягового хомута с различными дефектами с использованием метода электрошлакового переплава (ЭШП). Сущность ее заключается в следующем (рис. 2). Отбракованный клин поступает в кузнечно-литейный цех для изготовления из него свободной ковкой квадратного прутка с размерами $40 \times 40 \times 500$ мм (рис. 2, а). Сваренные торцами прутки (3–4 шт.) являются расходуемым электродом для ЭШП (рис. 2, б). Расходуемый электрод на установке ЭШП подают в кристаллизатор до тех пор, пока не будет получена цилиндрическая отливка с объемом, гарантирующим заполнение полости штампа (рис. 2, в).

После отжига и механического устранения на токарном станке слоя зашлакованного металла (на глубину $2,0$ – $3,0$ мм), образующегося в начале и после окончания ЭШП, в штампе горячейковки получают заготовку (рис. 2, г) для окончательной штамповки с обрубкой облоя (рис. 2, д).

Готовый клин подвергают термообработке, а затем с помощью методов ультразвуковой дефектоскопии определяют отсутствие дефектов и проверяют на соответствие требованиям чертежа 106.00.002–2. ● #715

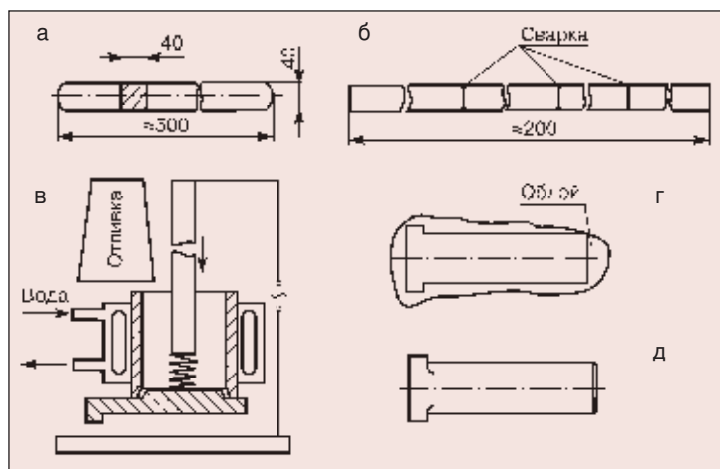


Рис. 2. Последовательность восстановления (изготовления): а — откованный пруток из отбракованного клина (пруток $40 \times 40 \times 500$ мм); б — расходный электрод (4 прутка, сваренные встык); в — получение отливки на ЭШП; г — горячаяковка заготовки; д — готовая деталь



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 причинах пористости швов при дуговой сварке и мерах по ее предупреждению.

В. В. Иванюк (Красилово, Хмельницкая обл.)

Поры возникают при первичной кристаллизации металла сварочной ванны в результате выделения газов. Они располагаются по оси шва или по его сечению, а также вблизи от границы сплавления. При дуговой сварке поры выходят или не выходят на поверхность шва, располагаются цепочкой по оси шва или отдельными группами. Поры, выходящие на поверхность шва, иногда называют свищами. Поры могут быть микроскопическими (несколько микрометров) и крупными (4–6 мм в поперечнике). Выходящие на поверхность поры выявляют при внешнем осмотре. Для выявления пор, не выходящих на поверхность, используют те же методы, что и для выявления выходящих на поверхность трещин.

Поры — недопустимый дефект сварных швов для аппаратуры, работающей под давлением и под вакуумом или предназначенной для хранения и транспортировки жидких и газообразных продуктов. Для других конструкций поры не являются столь серьезным дефектом, как трещины. Однако наличие пор при всех условиях нежелательно. Вопрос о допустимости пор решается в зависимости от условий эксплуатации конструкции. Основной причиной возникновения пор при сварке стали являются азот, водород и оксид углерода. Роль остальных газов (H_2O , CO_2 и др.) незначительна.

Образование пор в сварных швах при дуговой сварке преимущественно связано с плохой защитой сварочной ванны от воздуха, попаданием в зону сварки ржавчины, влаги, органических и влагосодержащих соединений, недостаточным раскислением сварочной ванны, несоответствующими режимами сварки.

Плохая защита сварочной ванны от воздуха приводит к появлению пор главным

образом от выделения азота. При *ручной дуговой сварке* наблюдается групповая пористость в начале и в конце участков шва, выполненных одним электродом. Пористыми могут быть швы, сваренные электродами без покрытия или с тонким покрытием, а также электродами с нарушенным покрытием. На пористость швов от выделения азота в некоторой мере влияет проковка, например рутиловых электродов при чрезмерно высокой температуре.

При *газоэлектрической сварке* плохая защита сварочной ванны имеет место при чрезмерно большой и малой скоростях подачи защитного газа в зону сварки. Повышенная скорость подачи газа способствует образованию завихрения потока газа, что приводит к подсасыванию воздуха. При малой скорости подачи защитного газа не обеспечивается полное вытеснение воздуха из зоны сварки. Нарушение газовой защиты наблюдается при сильном сквозняке, ветре и вследствие забрызгивания каплями металла газового сопла. К этому же приводит чрезмерное удаление горелки от свариваемой детали и большой угол ее наклона к вертикали.

Поры могут образовываться в результате чрезмерного поступления воздуха в зазоры в зоне сварки, особенно при нарушении требований сборки. Азот в атмосферу дуги может попадать вместе с защитным газом в виде примеси. Попадание воздуха в атмосферу дуги при *сварке под флюсом* имеет место в случае значительных нарушений технологического процесса. Это бывает, например, при недостаточной толщине слоя флюса, чрезмерной крупности его зерен, больших зазорах, при сварке слишком длинной дугой, высокой влажности флюса, сварке по неочищенным кромкам после пламенной резки.

На пористость, образовавшуюся в результате выделения азота, влияют температура основного металла и среды. Так, в швах,

сваренных при температуре ниже плюс 20 °С, пор и азота значительно больше, чем сваренных при нормальной температуре.

Склонность швов к образованию пор в результате выделения водорода зависит от способа сварки. При *ручной дуговой сварке* поры наблюдаются при влажном покрытии, наличии ржавчины и других загрязнений на свариваемых кромках. Характерная для этого способа сварки пористость в начале шва и при сварке длинной дугой увеличивается при попадании в зону сварки влаги. В швах, сваренных в *углекислом газе*, поры образуются при чрезмерной влажности газа, наличии на поверхности металла и проволоки ржавчины, краски, масла.

Сильно склонны к появлению пор от выделения водорода швы, выполненные *под флюсом*, что частично объясняется поступлением влаги в зону сварки с флюсом, достаточной раскисленностью сварочной ванны и затрудненностью выделения газов с поверхности металла через шлаковое покрытие. Известно также, что чрезмерное раскисление покрытия электродов рутилового вида кремнием, а также повышенное содержание кремния в шве при сварке легированных кремнием сталей приводит к появлению пор. Кремний увеличивает, а углерод снижает пористость швов при сварке под влажным флюсом. Раскисляя металлическую ванну, кремний повышает растворимость в ней водорода, тормозит выделение водорода с пузырьками оксида углерода, а также уменьшает концентрацию водорода на поверхности металла.

Некоторое влияние на образование пор имеет форма сварочной ванны: из широкой и мелкой ванны газы удаляются быстрее и легче, чем из глубокой и узкой. Поэтому пористость в первом случае меньше.

На пористость швов наиболее интенсивно влияет скорость сварки. С ее увеличением значительно усиливается склонность швов к пористости, что преимущественно обусловлено уменьшением времени пребывания металла в жидком состоянии и возрастанием скорости его твердения. В результате этого ухудшаются условия выведения газов из сварочной ванны. Иногда и уменьшение скорости сварки может способствовать появлению пор. Например, причиной пористости швов при *сварке в углекислом газе* с низкой скоростью может быть перекисление металла в результате длительного взаимодействия с углекислым газом. Из-за чрезмерного выгорания кремния при

твердении металла может проходить реакция образования оксида углерода.

Влияние увеличения напряжения (длины) дуги на появление пор может быть вредным и полезным. Возникновение пор при длинной дуге характерно для *ручной дуговой сварки* электродами с покрытием основного вида. Причина — ухудшение защиты сварочной ванны от воздуха. Например, при сварке электродами с рутиловым покрытием поры появляются только при сварке чрезмерно короткой дугой. Это объясняется недостаточным перенасыщением водородом горячей части сварочной ванны.

Высокое напряжение при *газоэлектрической сварке* в углекислом газе ухудшает газовую защиту ванны и может быть причиной появления пор. Чрезмерно низкое напряжение дуги также служит причиной образования пор в случае эксцентричного размещения сварочной проволоки относительно газового потока.

При *сварке под флюсом* ржавого или загрязненного металла повышение напряжения дуги увеличивает пористость. Это объясняется увеличением количества ржавчины вследствие получения более широкого шва. Этому же способствует и количество расплавленного флюса, который вносит влагу в зону сварки. Чрезмерное повышенное напряжение дуги может стать причиной появления пор и при чистом металле, если недостаточна защита от воздуха.

С повышением силы сварочного тока пористость, как правило, уменьшается. В первую очередь это обусловлено увеличением мощности дуги и соответствующим увеличением длительности пребывания металла в расплавленном состоянии. Вместе с тем известны примеры отрицательного влияния увеличения силы тока. Чрезмерное повышение силы тока приводит к перегреву электродного стержня, особенно в конце его плавления, что ухудшает защитные свойства электродов, в том числе с рутиловым покрытием. Увеличивается пористость с увеличением силы тока при сварке стыковых швов под влажным флюсом.

На частоту появления пор в швах влияет вид и полярность сварочного тока. Например, пористость швов при постоянном токе обратной полярности ниже, чем при прямой полярности, а также при переменном токе.

Наклон электрода углом вперед уменьшает пористость швов по сравнению с пористостью при сварке вертикальным электродом. Столб дуги, направленный вниз и вперед,

прогревает поверхность металла до его плавления, что уменьшает поступление влаги в зону сварки. Значительно повышается стойкость швов против появления пор при двухдуговой сварке, если выдержано условие относительного расстояния между дугами.

Способы предупреждения появления пор можно условно разделить на металлургические и технологические. К металлургическим принадлежат способы, которые в корне изменяют физико-химические условия сварки. Технологические способы заключаются в регулировании тепловых и электрических характеристик процесса, применении мероприятий, которые вносят небольшие изменения в физико-химические условия сварки. Поскольку поры образуются вследствие выделения из затвердевающего металла азота, водорода или оксида углерода, эти способы разделены на три группы, соответственно, против влияния какого из этих газов они направлены.

Технологические способы предупреждения пористости зависят от способа сварки. Так, при *ручной дуговой сварке* обязательно следует контролировать качество электродов, не допускать применение электродов с нарушенным покрытием, чрезмерной эксцентричностью, мокрым и загрязненным покрытием. Предупредить появление пор или уменьшить их количество при сварке электродами с рутиловым покрытием можно, ограничивая силу тока, уменьшая диаметр электрода, снижая скорость сварки. Предупреждать возникновение пор при сварке электродами с покрытием основного вида представляется возможным такими технологическими приемами: «горячий старт», нанесение ионизаторов на торец электрода для облегчения возбуждения дуги. Обязательным является хранение электродов этого типа в сухом месте и проковка перед использованием.

Для предупреждения пористости при *сварке под флюсом* следует контролировать качество флюса, толщину слоя, соответствие его грануляции диаметру сварочной проволоки, а также прокалывать электрод перед сваркой, зачищать кромки основного металла и сварочную проволоку от ржавчины и других загрязнений.

Для исключения пористости при *газоэлектрической сварке* необходимо применять сухой защитный газ и ограничивать попадание влаги в зону сварки, обеспечивать надежную защиту зоны сварки от воздуха, регулировать режим сварки: влаж-

ность защитного газа не должна превышать точку росы. Свариваемые кромки следует очищать от загрязнений.

Пористость швов, вызванная увеличенными зазорами в стыке, может быть сведена до минимума при угле 45° наклона горелки к свариваемой поверхности. При сварке на открытом воздухе следует увеличивать подачу защитного газа. Для предупреждения пористости рекомендуют не направлять струю защитного газа прямо на расплавленный металл, так как это затрудняет выделение газовых пузырьков из расплава. Сопло горелки следует наклонять против направления сварки под углом примерно 5° от вертикали.

При всех видах дуговой сварки пористость швов уменьшается при использовании постоянного тока. Постоянный ток обратной полярности в данном случае имеет преимущества перед постоянным током прямой полярности.

● #716

Издательство «Экотехнология» более 7 лет выпускает техническую литературу о новых перспективных технологиях и особенностях внедрения инноваций для специалистов различных отраслей промышленности.

Главное тематическое направление — сварка и родственные технологии.

В любом нашем издании Вы можете разместить цветную рекламу продукции Вашего предприятия.

КНИГИ
БРОШЮРЫ
КАТАЛОГИ
ПРОСПЕКТЫ, БУКЛЕТЫ

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЭКОТЕХНОЛОГИЯ**

СПРАВОЧНИКИ
НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ
УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ И МНОГОЕ ДРУГОЕ

Издательство предоставляет возможность всем, кто хочет поделиться знаниями и опытом, издать свою книгу.

Адрес издательства:
Украина, 03150 Киев, а/я 52
Телефон +380 44 529 8651,
тел./факс +380 44 287 6502
E-mail: welder@eL.ua
Сайт: <http://www.eL.ua/print/>



Улучшение структуры металла при дуговой сварке с помощью широкополосных ультразвуковых колебаний

В. И. Кирьян, чл.-корр. НАН Украины, **А. А. Кайдалов**, д-р техн. наук, **Д. П. Новикова**, канд. техн. наук, **И. Л. Богайчук**, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, **М. Кеснерс**, Aplis (Рига, Латвия)

Сварные соединения обычно характеризуются крупнозернистой структурой металла шва, образующейся при сравнительно медленном остывании сварочной ванны, и наличием остаточных напряжений, создающих опасность коробления и трещинообразования.

Известно, что чем больше образуется центров кристаллизации в расплаве и чем меньше линейная скорость роста кристаллов, тем более мелкозернистой будет структура металла. Процесс кристаллизации зависит не только от параметров температурного поля, но и от давления. Он изменяется под воздействием знакопеременного давления, обусловленного распространением в расплаве упругой акустической волны звукового и ультразвукового диапазонов. В зернистых структурах такие внешние поля могут влиять на перемещение границ зерен в зоне кристаллизации. При ультразвуковой обработке расплава происходит измельчение или разрушение, а также деформация его структурных образований. Воздействие ультразвуковых волн изменяет также основные физико-химические свойства расплавов металлов: вязкость, поверхностное натяжение на границе расплав —

твердая фаза, распределение температуры, диффузионные и дегазационные процессы, капиллярный эффект. Твердый металл получается более мелкозернистым, если расплав был обработан упругими колебаниями («озвучен») перед кристаллизацией.

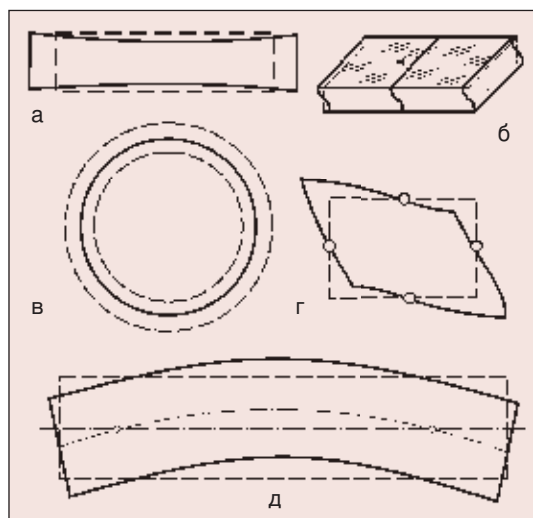
К настоящему времени в лабораториях проведено большое количество работ, в которых выявлены эффекты воздействия упругих колебаний на вещество, однако их практическое использование тормозится отсутствием высокоэффективного оборудования и методов контроля акустических параметров при введении колебаний в изделие. Пока неясен механизм разрушения ультразвуковыми волнами объектов структуры в расплаве или квазимолекул соединений типа FeSi. Все это приводит к тому, что многие технологические процессы ультразвукового воздействия остаются еще недостаточно разработанными. Сейчас в промышленном масштабе используют лишь ультразвуковую очистку, ультразвуковую резку и ультразвуковую сварку.

При обработке сварочной ванны мощными (плотность мощности более 1 Вт/см^2) упругими механическими колебаниями звукового и ультразвукового диапазонов расплав обычно «озвучивают» на одной фиксированной частоте через присадочную проволоку, специальным инструментом или с помощью вибрации изделия.

Для снятия остаточных напряжений сварную конструкцию после сварки также можно подвергать обработке упругими колебаниями. Ультразвуковая обработка стальных конструкций, как правило, приводит к перераспределению и уменьшению механических напряжений.

В отдельных случаях частоту упругих колебаний, применяемых для обработки сварных конструкций, выбирают равной одной из резонансных частот этой конструк-

Рис. 1. Основные типы резонансных упругих колебаний: а — продольные колебания стержня; б — колебания сдвига по толщине пластины; в — радиальные колебания диска; г — колебания сдвига по контуру; д — колебания изгиба по длине и ширине

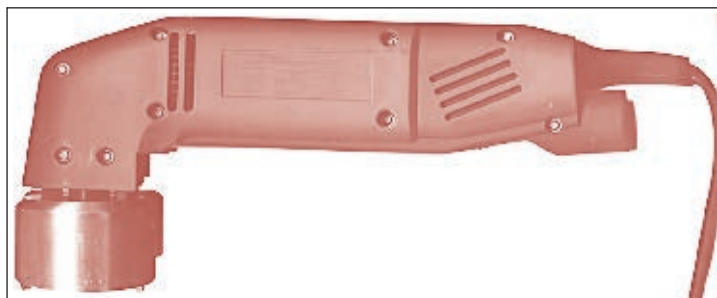


ции. Но чаще применяют частоты, далекие от резонанса. В то же время резонанс обеспечивает большую амплитуду колебаний при малой затрате потребляемой энергии, что очень важно для крупногабаритных изделий. В зависимости от свойств «озвучиваемого» металла энергия, необходимая для возбуждения колебаний определенной величины при резонансе и вне резонанса, может отличаться на несколько порядков. Эту разность характеризует добротность Q колебательной системы, которая показывает во сколько раз амплитуда вынужденных колебаний при резонансе превышает амплитуду вне резонанса при одинаковой возбуждающей мощности. Для разных металлов добротность имеет различные значения. Сталь в среднем имеет $Q=8000$, сплавы титана — $Q=21000$, медь — $Q=6300$, латунь — $Q=13000$, сплавы алюминия — $Q=10000$.

При повышенных температурах добротность существенно ниже, но она повышается при остывании. Но даже при повышенных температурах значение Q составляет от нескольких сотен до нескольких тысяч в зависимости от свойств металла. При изменении температуры и кристаллической структуры меняется и резонансная частота. Чтобы добиться постоянной амплитуды необходимо, чтобы частота следовала изменениям резонансной частоты. Конструкция (деталь) достаточно сложной формы имеет множество резонансов с разными частотами. Обычно детали состоят из ряда взаимно соединенных элементарных геометрических фигур. В них возникают различные типы упругих колебаний (рис. 1). Кроме основных типов колебаний возможны также крутильные колебания, колебания высших гармоник и др.

В деталях сложной конфигурации эти колебания будут происходить одновременно, могут меняться их параметры в зависимости от состояния детали и внешних условий как по частоте, так и по амплитуде. Возбуждая только на одной из этих частот упругие колебания, даже если четко следовать всем изменениям резонанса, колебания детали будут происходить только в одном направлении. Влияние на происходящие в детали процессы будет ограничено. Не все части детали будут подвергаться обработке. Все процессы в этих частях будут происходить спонтанно, и конечный результат ультразвуковой обработки будет не прогнозируемым.

Таким образом, чтобы обработать все части свариваемой детали одинаково, необходимо возбуждать упругие колебания в ши-



роком частотном спектре. В идеале, видимо, надо создавать «белый шум» с бесконечным частотным спектром.

При широкополосной ультразвуковой обработке свариваемой детали во всех ее частях будут возбуждаться упругие резонансные колебания. Эти колебания каждая отдельная часть детали передает в сварочную ванну. В сварочной ванне возникает колебательный процесс с широким частотным спектром. Параметры этого процесса все время будут меняться, так как в результате последовательной сварки отдельных частей меняется конфигурация жесткой конструкции, что вызывает изменение резонансных частот. В ванне в таком случае не образуются застойные зоны высокого давления и разрежения, способствующие неравномерности процесса кристаллизации. Будет происходить «перемешивание» частотного спектра в ванне, которое создает условия для равномерной кристаллизации расплава и образования мелкокристаллической структуры металла сварного шва. Зона термического влияния вокруг сварочной ванны проходит те же структурные преобразования, и в условиях «озвучивания» при остывании там также должно происходить образование мелкозернистой структуры металла.

Экспериментальные исследования осуществляли для дуговой сварки пластин размером $125 \times 298 \times 6$ мм из стали СтЗсп. Использовали электроды Oerlikon Special (тип E382B12H10 по EN 499). Первый шов выполняли электродом диаметром 2,5 мм с силой сварочного тока 50–55 А, второй шов — электродом диаметром 3,25 мм с силой тока 75–80 А. Каждый шов сваривали длиной 50 мм в два прохода и потом во избежание влияния последующих манипуляций сваренный участок образца отрубали. Первый шов сваривали без ультразвуковой обработки, и сваренный участок отрубили после полного остывания на воздухе. Второй и третий швы были получены под воздействием широкополосных ультразвуковых колебаний от специально разработанного генератора (рис. 2).

Рис. 2. Внешний вид генератора широкополосных звуковых и ультразвуковых колебаний для обработки свариваемых изделий

Ультразвуковую обработку прерывали на время зачистки шва после первого прохода и продолжали затем до полного остывания сварного образца на воздухе. Потребляемая генератором колебаний мощность не превышала 300 Вт. Диапазон возбуждаемых частот составлял 0,4–40 кГц. При обработке второго шва амплитуда колебаний в диапазоне 0,4–20 кГц была выше, чем в диапазоне 20–40 кГц. При обработке третьего шва, наоборот, амплитуда колебаний была выше в диапазоне 20–40 кГц. Колебания вводили путем контакта ультразвуковой головки с плоской лицевой поверхностью свариваемых пластин на расстоянии около 60 мм от плоскости симметрии сварного шва.

Было проведено металлографическое исследование влияния широкополосной звуковой и ультразвуковой обработки на структуру и свойства сварных соединений. Шлифы для исследований изготавливали

по стандартной методике с применением алмазных паст. Структуру выявляли химическим травлением образцов в нитале. Исследования проводили на оптическом микроскопе «Неофот–32». Микротвердость измеряли микротвердомером М–400 фирмы Лесо при нагрузке 500 г. Балл зерна определяли путем визуального сравнения с эталонами шкал по ГОСТ 5639–82.

Макроструктурный анализ показал, что в сварных соединениях отсутствовали дефекты типа трещин, пор, непроваров и т. п.

Выявлено, что в исходном после сварки состоянии (швы № 1) ширина литых кристаллитов в центральной части шва больше, чем в обработанных ультразвуком в процессе сварки соединениях (швы № 2 и № 3) и составляет соответственно 220, 150 и 100 мкм (рис. 3, а–в). В корневой части литого металла шва также отмечено измельчение зеренной структуры при воздействии ультразвуковых колебаний.

В микроструктуре металла швов (центральная часть) присутствуют бейнит, перлит и полигональный феррит, располагающийся по границам литых аустенитных зерен. При воздействии ультразвуковых колебаний на кристаллизующийся металл ширина пластин феррита существенно уменьшается: с 20–30 мкм (исходное после сварки состояние) до 10–20 и 6–10 мкм. Микротвердость HV на этом участке соединения в исходном состоянии равна 1580–1650 МПа. Микротвердость металла швов № 2 и № 3 возрастает до значений 1650–1810 и 1720–1980 МПа соответственно, что можно объяснить уменьшением доли полигонального феррита и увеличением количества бейнитной составляющей структуры.

Зеренная структура феррита, перлита и бейнита корневой части швов измельчается от исходного 6-го балла до 7-го и 8-го баллов в швах № 2 и № 3 соответственно (рис. 4). Микротвердость смеси зеренных структур в исходном состоянии равна 1720–1770 МПа. При воздействии ультразвука на корневую часть металла шва твердость возрастает в шве № 2 до 1790 МПа и в шве № 3 до 1840–1980 МПа, что также связано с уменьшением доли ферритной, перлитной составляющих структуры и увеличением выделения бейнита.

В зоне термического влияния соединений на участке перегрева присутствует структура смеси перлита, бейнита, выделений феррита по типу структуры Видманштетта и в виде тонких прожилок по грани-

Рис. 3. Микроструктура металла центральной части сварных швов № 1–3: (соответственно а–в) $\times 32$

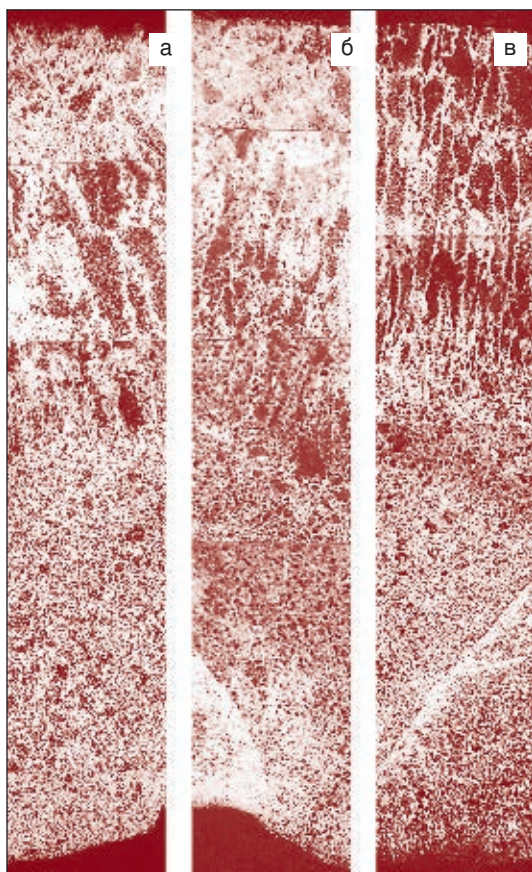
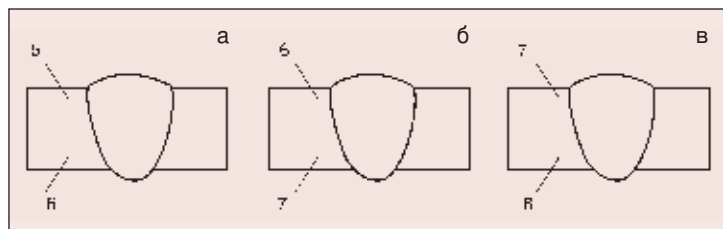


Рис. 4. Схема поперечного разреза сварных соединений и балл зернистости в зоне термического влияния (а–в — швы соответственно № 1–3)



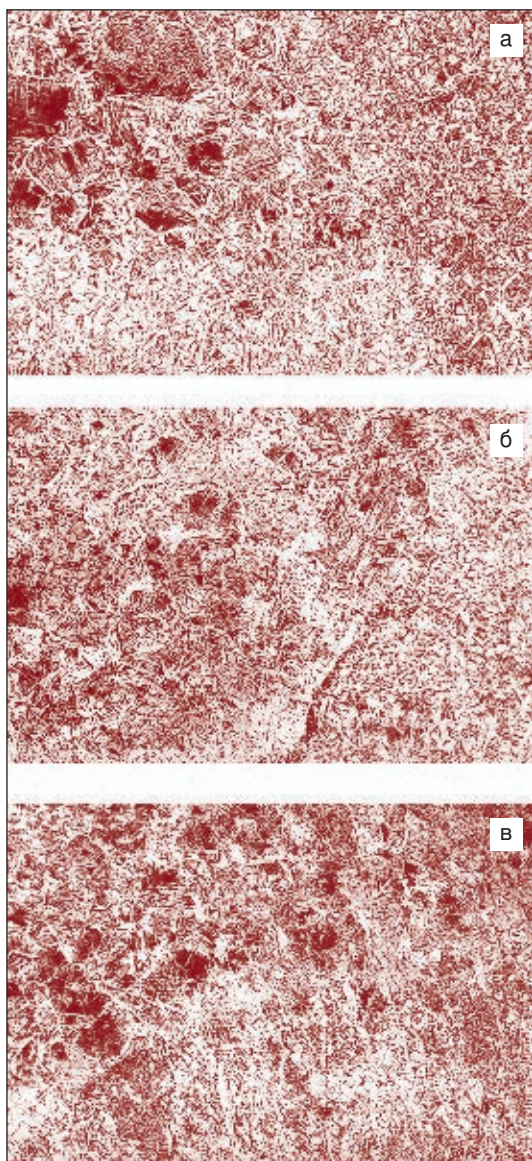


Рис. 5. Микроструктура металла зоны термического влияния центральной части сварных швов № 1–3: (соответственно а–в), $\times 100$

цам зерен перлита и бейнита. Под воздействием ультразвуковых колебаний происходит измельчение структуры металла зоны термического влияния как на уровне центральной части шва по толщине сечения, так и на уровне корневой части шва (рис. 5 и 6). Микротвердость зоны термического влияния на уровне центральной части швов № 1, № 2 и № 3 соответственно равна 1230–1450, 1250–1510 и 1610 МПа и на уровне корневой части швов 1510–1560, 1510–1650 и 1790–1820 МПа.

Таким образом, широкополосная ультразвуковая обработка стали во время сварки плавлением приводит к улучшению структуры металла шва и зоны термического влияния. В металле шва умень-

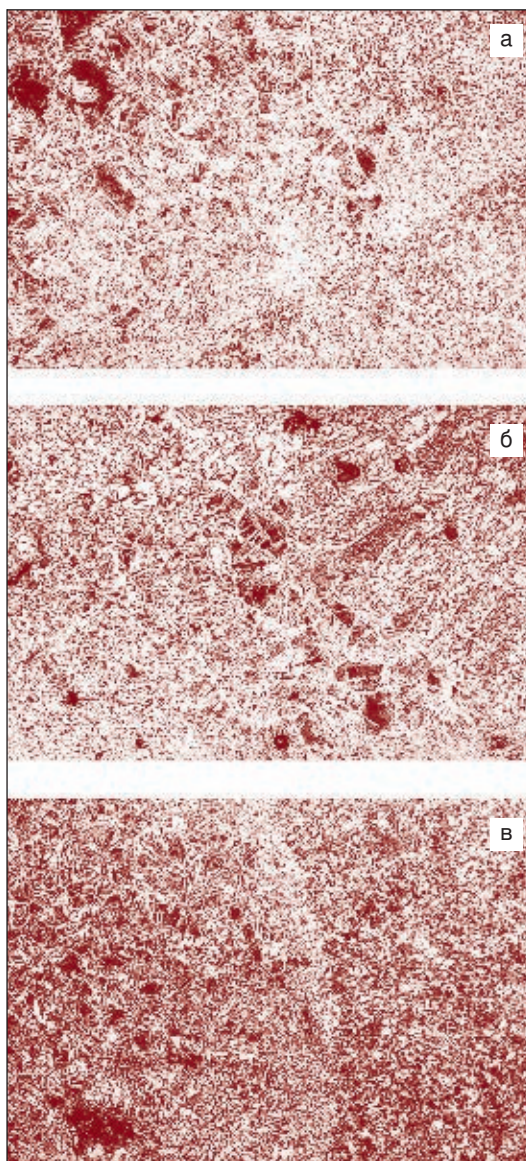


Рис. 6. Микроструктура металла зоны термического влияния корневой части сварных швов № 1–3 (соответственно а–в), $\times 100$

шается ширина литых кристаллов в центральной части шва, измельчаются равноосные зерна в корневой части и снижается толщина прослоек феррита. В зоне термического влияния также измельчается структура металла.

Разработанный способ широкополосной ультразвуковой обработки может быть применен не только для большинства методов сварки плавлением, но и для создания мелкокристаллической структуры и повышения механических свойств изделий при всех видах металлообработки, где присутствуют фазовые преобразования кристаллической структуры металла: литье, закалка, наплавка, упрочнение поверхности, нанесение покрытий и др.

● #717

Перспективы использования сварочной проволоки из полуспокойной стали для изготовления сварочных электродов общего назначения

И. К. Походня, академик НАН Украины, И. Р. Явдошин, канд. техн. наук,
О. И. Фольбоорт, Я. Н. Коноплицкий, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Для изготовления электродов общего назначения с рутиловым, ильменитовым, целлюлозным и основным видами покрытий используют сварочную проволоку из низкоуглеродистой кипящей стали. В странах постсоветского пространства для указанных выше электродов применяют сварочную проволоку из кипящей стали марок Св-08, Св-08А, Св-08АА, в которых ограничено содержание кремния (до 0,03%) и алюминия (до 0,01%).

Получение заготовки из слитка кипящей нелегированной низкоуглеродистой стали приводит к повышению расхода металла за счет обрезки значительной части слитка, пораженного усадочными дефектами. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, переход от кипящих к полуспокойным сталям позволяет реализовать современную технологию непрерывной разливки стали, что дает возможность экономить металл и повышать эффективность сталеплавильного производства при одновременном обеспечении высокого качества производимой металлопродукции. В связи с этим металлурги поставили перед специалистами ИЭС задачу — оценить возможность использования сварочной проволоки из полуспокойной стали (с повышенным содержанием кремния или алюминия) для произ-

водства электродов общего назначения с целью организации производства сварочной проволоки из полуспокойной стали.

Цель работы, выполненной в институте электросварки, — исследование возможности использования сварочной проволоки Св-08А с повышенным содержанием алюминия (до 0,05%) или кремния (до 0,05%) для изготовления электродов общего назначения для ручной дуговой сварки с рутиловым, рутил-целлюлозным, ильменитовым и основным видами покрытия. Для анализа были выбраны широко применяемые электроды марок МР-3, ОЗС-4, АНО-4, АНО-37 (тип Э46, рутиловое покрытие), АНО-36 (тип Э46, рутил-целлюлозное покрытие), АНО-6 (тип Э42, ильменитовое покрытие), АНО-4И (тип Э46, ильменитовое покрытие), УОНИ-13/55, АНО-27 (тип Э50А, основной вид покрытия) и проволока диаметром 4,0 мм (табл. 1).

В качестве контрольной использовали проволоку 08к, которая полностью соответствует требованиям ГОСТ 2246. В качестве опытных проволок использовали проволоку Ал с повышенным содержанием алюминия (до 0,04%), Кр1 — с повышенным содержанием кремния (до 0,05%) при макси-

Таблица 1. Химический состав проволоки

Индекс проволоки	Содержание элементов, масс. %						Примечание
	Mn	Si	C	S	P	Al	
Ал	0,47	0,015	0,10	0,018	0,017	0,04	С повышенным содержанием Al
Кр1	0,45	0,05	0,10	0,020	0,005	<0,005	С повышенным содержанием Si и максимальным содержанием C
Кр2	0,37	0,05	0,05	0,016	0,005	<0,005	С повышенным содержанием Si и низким содержанием C
08к	0,39	0,015	0,03	0,015	0,018	0,005	Контрольная
Стандартная проволока Св-08А	0,35–0,60	≤0,03	≤0,10	≤0,030	≤0,030	≤0,01	Требования ГОСТ 2246

мально допускаемом содержании углерода (0,1%) и Кр2 с повышенным содержанием кремния (до 0,05%) и более низким содержанием углерода (0,05%).

Для исследований были изготовлены контрольные (на базе проволоки 08к) и опытные (на базе проволок Ал, Кр1, Кр2) электроды диаметром 4,0 мм. Чтобы исключить влияние технологических факторов, электроды были изготовлены из одной обмазочной массы, в одно и то же время, с применением одних и тех же материалов и связующего в соответствии с требованиями НД на указанные марки электродов. После суточного подвяливания в помещении при комнатной температуре электроды прокалили при температурах, регламентируемых требованиями нормативной документации для каждой марки электродов.

Влияние состава сварочной проволоки на химический состав наплавленного металла. Химический состав наплавленного металла в соответствии с требованиями ГОСТ 9466 анализировали спектральным методом.

Результаты анализа показали, что химический состав металла, наплавленного контрольными и опытными электродами, отвечает требованиям НД. Можно отметить, что большему содержанию алюминия в проволоке соответствует большее содержание марганца, кремния и углерода в наплавленном металле и меньшее содержание серы.

Оценка сварочно-технологических свойств электродов. Сварочно-технологические свойства опытных электродов, изготовленных с использованием сварочной проволоки с повышенным содержанием алюминия и кремния, сравнивали с такими же свойствами контрольных электродов, изготовленных с использованием стандартной проволоки Св-08А (08к). Для сварки использовали пластины из стали СтЗкп. Сварку производили на режимах, рекомендованных НД.

Сварочно-технологические свойства оценивали, выполняя наплавку на пластину в нижнем положении и сварку одностороннего таврового образца в нижнем положении и в вертикальной плоскости с последующим разрушением сварного соединения. В первом случае оценивали качество формирования металла шва, склонность к образованию дефектов, отделимость шлаковой корки, во втором — стабильность процесса сварки, качество формирования металла шва, склонность к образованию подрезов и других дефектов, чистоту кратера, поведение



Рис. 1. Типичный вид углового соединения, выполненного в нижнем положении электродами ОЗС-4 с рутиловым покрытием (проволока Ал)



Рис. 2. Угловое соединение, выполненное в нижнем положении электродами МР-3 (проволока Ал)

ние шлака, в изломе — характер структуры, склонность к образованию горячих трещин, пор, наличие шлаковых включений и др.

Склонность металла шва к образованию пор изучали также при сварке многослойных стыковых соединений из стали СтЗсп в нижнем положении. Наличие пор, свищей и трещин в однослойных швах контролировали визуально на поверхности металла шва или в плоскости излома после разрушения сваренных образцов, а в многослойных швах — на поверхности или в изломе образцов при испытаниях механических свойств металла шва. Результаты исследований заносили в специально разработанные формы.

Установлено, что показатели всех марок электродов, изготовленных на базе опытных сварочных проволок, по таким показателям, как качество формирования металла шва, отделимость шлаковой корки, поведение шлака в процессе сварки, повторное возбуждение, практически идентичны показателям электродов, изготовленных на базе контрольной (стандартной) проволоки Св-08А. Таким образом, можно утверждать, что не обнаружено заметного влияния повышенного содержания алюминия или кремния (до 0,05%) на данные показатели сварочно-технологических свойств электродов. Что касается склонности электродов к образованию свищей и пор в металле швов, то здесь картина неоднозначная.

Исследования показали, что электроды с покрытием основного вида — УОНИ-13/55, АНО-27, изготовленные на базе опытных проволок Ал, Кр1 и Кр2, обеспечивают получение плотных швов так же, как и электроды, изготовленные на базе стандартной (контрольной) проволоки. Что касается

электродов с рутиловым покрытием (МР–3, ОЗС–4, АНО–4, АНО–37), рутил-целлюлозным (АНО–36) и ильменитовым (АНО–6, АНО–4И), то замена стандартной проволоки Св–08А на опытную то ли с повышенным содержанием алюминия (Ал), то ли с повышенным содержанием кремния (Кр1, Кр2) приводит к появлению свищей по линии сплавления, вздутий в кратерах либо мелких пор в многослойных швах.

На рис. 1, 2 показаны типичные дефекты (свищи по линии сплавления, поры в швах и вздутия в кратере), которые имеют место при сварке вышеупомянутыми электродами на базе опытных проволок.

Таблица 2. Наличие дефектов на поверхности и/или в изломе металла швов, выполненных электродами МР–3

Объект исследований	Сварочная проволока			
	Кр2	Кр1	08к	
Многослойный шов, сваренный в нижнем положении	Поры в изломах образцов			Нет дефектов
Наплавка в нижнем положении	Свищи по линии сплавления	Свищи по линии сплавления		
Однослойный угловой шов, сваренный в нижнем положении	Нет дефектов			
Однослойный угловой шов, сваренный в вертикальной плоскости		Нет дефектов		

Таблица 3. Наличие дефектов на поверхности и/или в изломе металла швов, выполненных электродами АНО–4

Объект исследований	Сварочная проволока			
	Кр2	Кр1	08к	
Многослойный шов, сваренный в нижнем положении	Единичные поры в изломах образцов	Поры в изломах образцов		Нет дефектов
Наплавка в нижнем положении	Нет дефектов	Нет дефектов		
Однослойный угловой шов, сваренный в нижнем положении		Свищи по линии сплавления		
Однослойный угловой шов, сваренный в вертикальной плоскости				

Таблица 4. Наличие дефектов на поверхности и/или в изломе металла швов, выполненных электродами АНО–37

Объект исследований	Сварочная проволока			
	Кр2	Кр1	08к	
Многослойный шов, сваренный в нижнем положении	Единичные поры в изломах образцов	Поры в изломах образцов		Нет дефектов
Наплавка в нижнем положении	Нет дефектов	Нет дефектов		
Однослойный угловой шов, сваренный в нижнем положении				
Однослойный угловой шов, сваренный в вертикальной плоскости				

В табл. 2–4 в качестве примера представлена обобщенная информация о наличии или отсутствии дефектов в металле швов при испытаниях электродов МР–3, АНО–4 и АНО–37, изготовленных на базе опытных проволок. Исследовали поверхность или излом металла сварного шва:

- при наплавке одиночного валика на пластину из стали Ст3 в нижнем положении;
- при выполнении однослойного углового шва в нижнем положении;
- при выполнении однослойного углового шва на вертикальной плоскости;
- при сварке многослойного шва стыкового соединения в нижнем положении, из которого в последующем изготавливали образцы для испытаний механических свойств металла шва.

Результаты этих испытаний свидетельствуют о следующем. Склонность к образованию указанных выше дефектов при сварке разными марками электродов не одинакова. Она выше при сварке электродами с высоким содержанием карбонатов в покрытии (МР–3 — 18% мрамора) и ниже при сварке электродами с более кислым покрытием (АНО–37). При исследовании проволоки с повышенным содержанием кремния было установлено, что большая склонность к образованию пор и свищей имеет место, когда использована проволока с более высоким содержанием углерода.

Электроды УОНИ–13/55 и АНО–27 обеспечивают получение плотных швов без каких-либо дефектов независимо от того, на базе какой сварочной проволоки они были изготовлены.

Оценка механических свойств металла шва. Для оценки влияния химического состава опытных сварочных проволок на механические свойства металла шва сваривали стыковые соединения из стали Ст3 толщиной 20 мм согласно требованиям ГОСТ 9466–75 (вариант А).

Подготовку кромок пластин для сварки производили механическим способом. Перед сваркой кромки пластин были очищены от ржавчины, окалины, масла и других загрязнений. Сварку пластин выполняли с соблюдением режимов и условий, установленных технологическими условиями на электроды контролируемой марки, при сварке в нижнем положении при температуре окружающего воздуха 18–20 °С. Из металла шва стыковых соединений вырезали образцы типа II и образцы типа IX согласно ГОСТ 6996. В процессе испытаний опреде-

ляли предел текучести, временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, относительное сужение, ударную вязкость металла шва при температуре +20, –20, –40 °С. Острый надрез на образцах типа IX выполняли через все слои металла шва. Для испытаний на разрыв образцы типа II, изготовленные из металла швов, сваренных электродами с рутиловым, рутил-целлюлозным и ильменитовым покрытиями, перед испытаниями выдерживали 8 ч в печи при температуре 250 °С±10° для удаления диффузионного водорода (согласно рекомендациям ГОСТ 9466–75, п. 5.37).

Результаты испытаний показали, что электроды с покрытием основного вида, изготовленные на базе как опытных, так и контрольной проволоки обеспечивают механические свойства металла шва, соответствующие требованиям нормативной документации. Какие-либо дефекты в изломах образцов отсутствуют.

В швах, выполненных электродами с рутиловым покрытием (МР–3, ОЗС–4, АНО–4, АНО–37) на базе опытных проволок, имеют место поры, что явилось причиной несоответствия показателей относительного удлинения требованиям нормативной документации. Металл швов, выполненных указанными электродами, изготовленными на базе контрольной проволоки, по всем механическим свойствам соответствует требованиям нормативной документации.

Механические свойства швов, выполненных электродами с рутил-целлюлозным покрытием (АНО–36), по показателям механических свойств удовлетворяют требованиям нормативной документации. Однако необходимо отметить, что в металле шва, выполненного электродами АНО–36 на базе проволоки Кр1, обнаружены поры, что обусловило снижение показателей ударной вязкости металла шва при температуре минус 20 °С.

Подобная картина характерна для электродов с ильменитовым покрытием — АНО–4И. Механические свойства швов, выполненных этими электродами, удовлетворяют требованиям нормативной документации. Однако и в швах, выполненных электродами АНО–4И на базе проволоки Кр2, обнаружены поры.

В табл. 5 и 6 в качестве примера приведены данные о механических свойствах металла швов, выполненных электродами МР–3 и АНО–4 на базе опытных и контрольных проволок.

Таблица 5. Результаты испытаний образцов на растяжение при температуре +20 °С (серия Кр1, Кр2)

Электрод	Проволока	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Примечание
МР–3	Кр1	$\frac{551,5-555,9}{553,7}$	$\frac{17,6-25,6}{21,6}$	$\frac{41,2-68,7}{55,0}$	Поры в образцах
	Кр2	$\frac{546,3-553,3}{549,8}$	$\frac{23,0-27,0}{25}$	$\frac{53,1-67,8}{60,4}$	Поры в образцах
	08к	$\frac{541,1-549,8}{545,45}$	$\frac{26,0-27,0}{26,5}$	$\frac{69,8-71,5}{70,7}$	Поры отсутствуют
АНО–4	Кр1	$\frac{515,0-539,4}{527,2}$	$\frac{10,3-24,0}{17,2}$	$\frac{27,5-69,7}{48,6}$	Поры в образцах
	Кр2	$\frac{551,6-566,2}{539,2}$	$\frac{12,3-22,3}{17,3}$	$\frac{32,9-45,9}{39,4}$	Единичные поры в образцах
	08к	$\frac{551,6-560,2}{555,9}$	$\frac{20,3-26,6}{23,5}$	$\frac{55,6-67,8}{61,7}$	Поры в образцах

Таблица 6. Результаты испытания образцов (тип IX) на ударный изгиб (серия Кр1, Кр2)

Электрод	Проволока	Ударная вязкость, KCV, при температуре, °С			Примечание
		+20	–20	–40	
МР–3	Кр 1	$\frac{103,1-126,4}{118,4}$	$\frac{34,2-55,3}{48,1}$	$\frac{10,5-18,5}{13,9}$	Поры в образцах
	Кр 2	$\frac{101,9-134,6}{120,4}$	$\frac{39,7-77,1}{61,4}$	$\frac{25,9-29,3}{27,9}$	
	08к	$\frac{122,9-144,0}{131,3}$	$\frac{55,5-68,2}{56,1}$	$\frac{28,3-60,3}{44,1}$	Пор нет
АНО–4	Кр1	$\frac{78,6-116,3}{97,9}$	$\frac{19,5-53,2}{41,6}$	$\frac{10,8-23,6}{15,7}$	Поры в образцах
	Кр2	$\frac{100,4-109,0}{105,3}$	$\frac{17,5-59,2}{31,4}$	$\frac{11,6-15,6}{13,1}$	
	08к	$\frac{121,1-129,3}{125,5}$	$\frac{25,4-55,8}{44,7}$	$\frac{14,6-36,2}{23}$	Пор нет

Результаты исследований показали, что сварочная проволока Св–08А с повышенным содержанием алюминия и кремния вполне пригодна для изготовления электродов основного вида (УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, АНО–27 и др.), так как обеспечивает весь комплекс свойств электродов, регламентируемый требованиями нормативной документации. Применение сварочной проволоки Св–08А с повышенным содержанием алюминия и кремния для изготовления электродов с рутиловым, рутил-целлюлозным и ильменитовым видами покрытий приводит к образованию свищей по линии сплавления швов с основным металлом и пористости в многослойных швах. По этой причине такая проволока не может быть рекомендована для изготовления сварочных электродов с вышеотмеченными видами покрытий.

● #718

Восстановление деталей авиационной техники методом сверхзвукового плазменного напыления

В. Н. Пащенко, Е. К. Фень, кандидаты технических наук, Национальный технический университет Украины «КПИ» (Киев)

Эффективное применение современных материалов для газотермических покрытий с целью восстановления изношенных и упрочнения новых деталей оборудования, работающего в условиях агрессивной внешней среды, возможно только при условии точного подбора химического состава исходного материала и применения высокоэнергетических методов его нанесения. Это позволяет максимально сохранить исходный химический состав материала и обеспечить требуемую структуру и физико-механические свойства полученных покрытий. К числу таких методов относится сверхзвуковое плазменное напыление. Оно в 10–15 раз производительнее традиционно применяемого детонационного нанесения покрытий. При этом методе можно получать покрытия с пористостью до 1% и высокими физико-механическими и физико-химическими свойствами.

Детали авиационной техники работают, как правило, в различных экстремальных условиях: агрессивная среда, значительные перепады температур, знакопеременные нагрузки и т. п. В общем случае, для каждого вида условий работы деталей и конструкций требуется подбор своего, определенного материала покрытия при восстановлении изношенных и упрочнении новых изделий.

Актуальной задачей является разработка новых современных материалов, которые бы обеспечивали эффективную эксплуатацию изделий с покрытиями, работающими в ус-

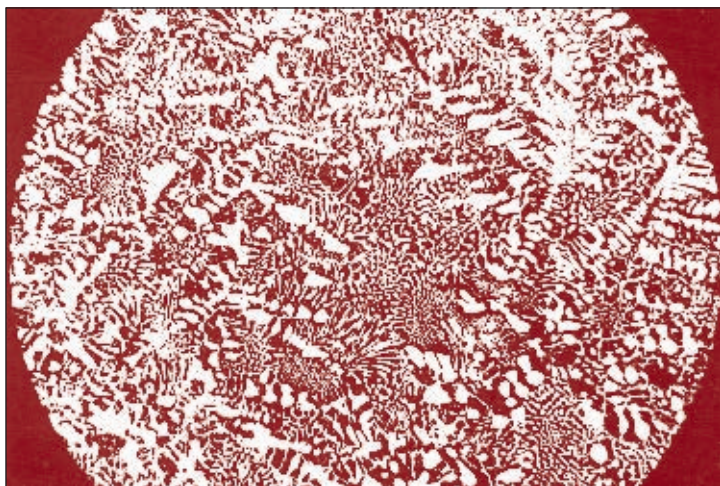
ловиях комплексного одновременного воздействия сразу нескольких неблагоприятных внешних факторов окружающей среды. Например, широко известны жаростойкие покрытия на основе никеля и хрома с добавками других металлов (Co, Al, Y) и соединений, позволяющие работать при температурах 900–1000 °С. Авторами предложен износостойкий материал для газотермических покрытий, который существенно повышает рабочую температуру деталей и конструкций до 1100–1200 °С с одновременным повышением основных физико-механических свойств покрытия (*Деклараційний патент на винахід 55007А України, МКл. C23C 24/00. Зносожаростійкий матеріал для газотермічних покриттів. Є. К. Фень, В. М. Пащенко. Опубл. 17.03.2003*). Это становится возможным за счет введения в покрытие на основе нихрома алюминия, скандия, иттрия и тугоплавких карбидов.

Введение алюминия в состав материала покрытия позволяет получить повышенную прочность сцепления покрытия с основой в результате образования в процессе напыления соединения типа NiAl, которое достаточно прочно сцепляется с материалом основы. Карбиды титана и хрома увеличивают износостойкость материала покрытия, а также его жаростойкость. Совместное применение скандия и иттрия в сплавах на основе нихрома приводит к повышению прочности сцепления покрытия с основой, увеличению его жаростойкости по сравнению с применением одного иттрия или скандия в сплаве.

Химический состав предложенного жаропрочного сплава подобран с учетом обеспечения формирования структур покрытия, содержащих 20–25% упрочняющих фаз.

Ранее были обоснованы технология и методы легирования таких сплавов на основе нихрома и получения из них порошков для напыления. Основные компоненты данного материала, разница в температуре плавления

Рис. 1. Микроструктура частицы порошка, $\times 450$



ния которых не превышает 300 °С, сначала расплавляли в индукционной печи в условиях вакуума. Далее полученный расплав распыляли азотом (с содержанием кислорода не более 0,001%) на экспериментальной установке типа УРС-40 Института проблем материаловедения НАНУ для получения порошков с размером частиц 63–100 мкм.

На рис. 1 показана микроструктура частички материала порошка, полученного по упомянутой технологии. Можно видеть четкую эвтектическую структуру сплава или частички материала из данного сплава. Полученные распыленные порошки далее механически смешивают с порошками карбидов титана и хрома (с размером частиц 40–63 мкм) в специальных смесителях до получения однородной смеси.

Для нанесения покрытия была использована установка марки «Киев-7» с модернизированным плазмотроном, обеспечивающим сверхзвуковое нанесение порошковых покрытий. Перед нанесением покрытия напыляемую поверхность детали обезжировали и подвергали абразивно-струйной обработке согласно принятым нормативам. Поверхность детали, не подлежащую напылению, защищали экранами. Напыление проводили механизированным способом в звукозащитной камере с принудительной вытяжной вентиляцией.

На рис. 2, а в качестве примера представлена микроструктура покрытия из предлагаемого материала, нанесенного на фланцевое соединение соплового аппарата (рис. 2, б) 2-й ступени двигателя ГТД-350 вертолета МИ-2. Микроструктура износостойкого покрытия в основном имеет слоистый характер, с эвтектической структурой исходного материала и фаз внедрения, являющихся базовыми карбидами с высокой твердостью. Граница раздела покрытие-основа не содержит раковин, отслоения или трещин. Металлографические исследования проведены на микроскопе «Neophot-2».

Рентгеноструктурные исследования, проведенные на дифрактометре ДРОН-3,0 в монохроматизированном $\text{MoK}\alpha$ излучении, показали, что основу износостойкого материала покрытия составляет γ -твердый раствор хрома в никеле с добавками твердофазных включений.

Определены основные физико-механические свойства покрытия. Толщина покрытия составляет 250–400 мкм. Пористость, определенная методом гидростатического взвешивания, не превышает 1%. Прочность

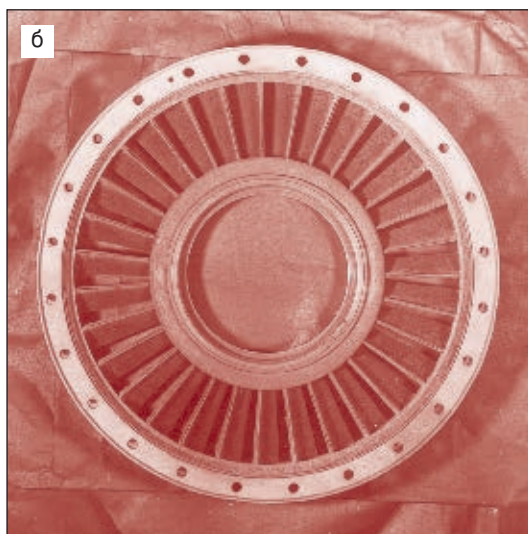
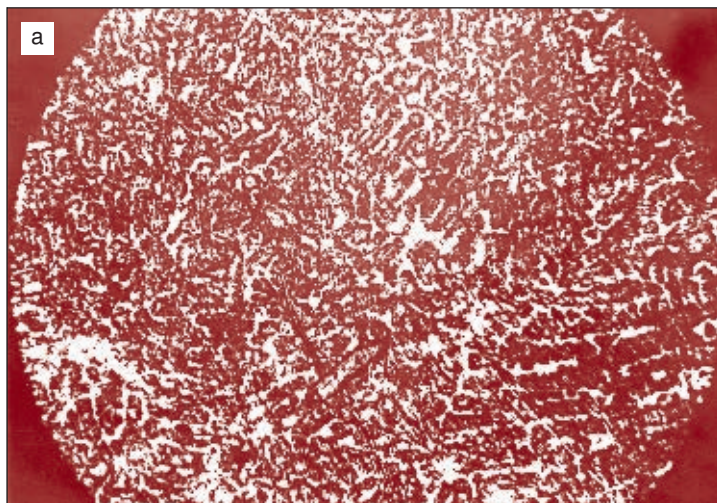


Рис. 2. Износостойкое покрытие на фланцевом соединении соплового аппарата 2-й ступени ГТД-350: а — микроструктура покрытия ($\times 250$); б — деталь, на которую наносили покрытие

сцепления покрытия с основой, определенная на разрывной машине МР-5 методом «конусного штифта» с диаметром иглы в основании 2,0–2,5 мм, достаточно высока и составляет для разных основ из жаропрочных материалов 60–85 МПа. Микротвердость H_u и твердость HRA покрытия, измеренные соответственно на приборах ПМТ-3 (ГОСТ 9450-76) и ТК-201 (ГОСТ 9013-75) при шероховатости поверхности покрытий $Ra=0,32...0,16$ мкм, составляли соответственно 5,7–6,1 ГПа (эвтектическая структура) и 16,5–17,0 ГПа (карбиды) и 67–69 HRA.

Испытание на износ при сухом трении скольжения на воздухе проводили на машине трения 2070 СМТ-1 (ГОСТ 26614-85) при следующих режимах: нагрузка 1 МПа, скорость скольжения 0,5 м/с (толщина покрытия 250–300 мкм, шероховатость поверхности $Ra=0,32...0,16$ мкм). Износ поверхности при указанных условиях составил 16–20 мм³/1000м·см². В процессе испытания было установлено, что при скорости сколь-

жения более 0,3 м/с изменений характеристик трения и износа практически не происходит. При этих условиях устанавливается устойчивое равновесие между процессами активации и пассивирования, обеспечивается полное подавление процессов схватывания покрытия с основой, а образующиеся пленки оксидов (вторичных структур) на поверхности покрытий являются своеобразной смазкой.

Испытания на износ при фреттинге проводили на машине трения МФК-1 разработки КИИГА с использованием пары образцов с одноименным покрытием такой же толщины (шероховатость и химический состав, как и при испытаниях на износ при сухом трении). Режимы испытаний: удельная нагрузка 20 МПа, амплитуда виброперемещений 0,1 мм, частота колебаний 30 Гц, температура испытаний 20 °С, база испытаний $5 \cdot 10^5$ циклов. Износ при указанных условиях был равен 14–16 мкм.

Коэффициент трения исследуемого материала покрытия при испытаниях на воздухе составляет 0,2–0,25, зависит в основном от состава и свойств оксидных пленок, образующихся при трении, и мало зависит от скорости скольжения и нагрузки вследствие преобладания окислительного износа.

Остаточные напряжения в покрытии определяли методом послойного стравливания напряженных слоев по методу Давиденкова. В материале покрытия фиксируются напряжения сжатия, максимум которых достигает 300–350 МПа и находится на расстоянии 30–40 мкм от основы. По мере удаления от основы остаточные напряжения уменьшаются в направлении поверхности покрытия, где происходит их полная релаксация.

Жаростойкость покрытия, т. е. кинетику высокотемпературного окисления, изучали методом ДТА на дериватографе «θ-1000» при скорости нагрева материала покрытия с основой 10 °С/мин в интервале температур от 20 до 1000–1100 °С. Оценивали удельное изменение массы образца и скорость окисления. Согласно измерениям, жаростойкость покрытия за 6 ч испытаний при 1000 °С составила 1,5 г/м², а при 1100 °С — 2,0 г/м².

Результаты всех испытаний по определению средних значений физико-механических свойств покрытия обрабатывали в соответствии с ГОСТ 23.211–80. Финишную обработку рассматриваемых покрытий выполняли шлифовальными кругами из карбида кремния (ГОСТ 2244–81) или шлифовальными алмазными кругами (ГОСТ 16167–71) с последующей доводкой алмазными пастами марок АСМ (ГОСТ 16877–71).

Рассмотренный материал для газотермических покрытий и метод его нанесения может найти широкое применение в авиационной промышленности Украины с учетом того, что при получении материала покрытия может быть использована сырьевая база Украины.

● #719

Поздравляем с юбилеем!

25 октября исполнилось 60 лет Георгию Васильевичу Павленко, генеральному директору ОАО «Фирма СЭЛМА».

Георгий Васильевич Павленко работает на Электромашиностроительном заводе ОАО «Фирма СЭЛМА» более 30 лет и является почетным ветераном завода. Он пользуется авторитетом в своем коллективе и среди коллег на других предприятиях благодаря высокому уровню компетенции и человеческим качествам.

Свою трудовую деятельность после окончания Харьковского политехнического института Г. В. Павленко начал в должности инженера Харьковской пуско-наладочной колонны №2443 треста «Южмонтаж». С 1974 г. он работает на ОАО «Фирма СЭЛМА» сначала инженером-конструктором, затем начальником отдела технического контроля, с 1982 г. — главным инженером фирмы. В 1999 г. Г. В. Павленко стал техническим директором, в 2002 г. назначен генеральным директором.



В должности главного инженера и технического директора Георгий Васильевич участвовал в разработке новых видов продукции, что позволило за пять лет обновить номенклатуру выпускаемой продукции на 40%. В 1991 г. за разработку и внедрение в производство совместно с ИЭС им. Е. О. Патона новой машины для сварки шпилек Г. В. Павленко присвоено звание лауреата Государственной премии Украины в области науки и техники.

В 2001 г. на «Фирме СЭЛМА» впервые в АР Крым внедрена система качества ISO 9001:2001. В этом же году единственное предприятие в Крыму ОАО «Фирма СЭЛМА» стала участником Технопарка «Институт электросварки им. Е. О. Патона». Работая в Технопарке, завод разработал 27 новых видов продукции, было модернизировано 62 изделия, разработано и внедрено в производство 13 новых технологических процессов. Зарплата выросла в 1,8 раза. Платежи в бюджетные фонды выросли в 1,7 раза. Под руководством Г. В. Павленко на фирме внедрена уникальная современная технология немецкой фирмы TRUMPF с компьютерным комплексом. Освоение этого комплекса позволило применить универсальные технологии наладки и полностью сменить технологию выпуска сварочной продукции.

Возглавляемая Георгием Васильевичем Павленко «Фирма СЭЛМА» продолжает развиваться. Объем выпускаемой продукции по сравнению с 2002 г. вырос на 125%. На заводе сохранена и функционирует социальная сфера — детский сад, база отдыха, медицинские услуги. Завод оказывает материальную помощь не только работающим, но и пенсионерам. Фирма ежегодно заносится на Республиканскую Доску почета.

В 2003 г. Г. В. Павленко присвоено звание члена-корреспондента Инженерной академии Украины за вклад в науку и производство, в 2004 г. — звание академика. За большой вклад в производство и развитие промышленности Г. В. Павленко награжден Почетной грамотой Совета Министров АР Крым. В 2006 г. Георгий Васильевич удостоен почетного звания «Заслуженный машиностроитель Украины».

Сердечно поздравляем Георгия Васильевича с юбилеем, желаем здоровья и успехов.

Коллектив ОАО «Фирма СЭЛМА», Совет Общества сварщиков Украины, редакционный совет, редколлегия и редакция журнала «Сварщик»

ОАО «Фирма СЭЛМА» — надежный партнер

Одним из крупнейших и широко известных производителей электросварочного оборудования в Украине и странах СНГ является ОАО Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА». В этом году завод отмечает свое 60-летие.

Завод основан в 1946 г. в Симферополе на базе мастерских по ремонту электробытовых приборов. В 1959 г. предприятие было переименовано в Электромашиностроительный завод и ориентировано на производство аппаратуры управления для контактных сварочных машин.

Вторым рождением предприятия стало начало 1970-х годов, когда были установлены прочные творческие связи с Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев) и Всесоюзным НИИ электросварочного оборудования (Ленинград). Огромный вклад в развитие и становление «СЭЛМЫ» внес ИЭС им. Е. О. Патона. Специалисты Института под руководством Бориса Евгеньевича Патона воплощали свои научные идеи в современные сварочные технологии: от сварки в космосе до подводных сварочных работ. Благодаря такой поддержке сегодня ОАО «Фирма СЭЛМА» является одним из крупнейших производителей электросварочного оборудования в Украине.

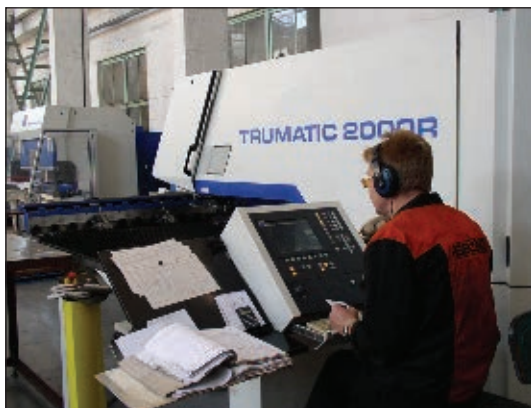
Существенный толчок в развитии технологии производства дала заводу работа с межотраслевым научно-техническим комплексом «Технологические лазеры». На заводе было выпущено около 200 микропроцессорных систем управления технологическими лазерами, при изготовлении которых впервые была применена система термотренировки модулей в термобарокамере в режиме реального времени. С этого момента на заводе началось активное внедрение компьютерной техники, современных технологий производства двусторонних печатных плат и современной автоматизированной системы управления разработкой и проектированием конструкторской документации в системах ACAD и PCAD.

С 1987 г. «Фирма СЭЛМА» тесно сотрудничает с крупнейшими мировыми производителями электросварочного оборудования, такими как ESAB (Швеция) и KEMPPI (Финляндия), что играет большую роль в разработке конструкций изделий на современном уровне.

В 1996 г. завод стал акционерным обществом. С этого времени начался период становления завода как крупнейшего производителя электросварочной техники в Украине и СНГ.

Сегодня «СЭЛМА» — это динамично развивающееся промышленное предприятие, ассортимент оборудования которого составляет более 100 наименований: сварочные трансформаторы, выпрямители, полуавтоматы, сварочные автоматы и несущие конструкции для механизации сварки и резки, установки для аргонодуговой сварки, установки для воздушно-плазменной резки, машины для контактной точечной сварки и оборудование для управления контактными машинами, а также оборудование для механической подготовки кромок под сварку. Перечень сварочной техни-





ки постоянно расширяется благодаря разработкам новых видов, отвечающих современным требованиям сварочного производства.

Электросварочное оборудование разрабатывается с использованием последних достижений науки и техники, комплектуется изделиями ведущих мировых производителей Германии, Венгрии, Италии, Китая, что позволяет ему успешно конкурировать со многими отечественными и зарубежными фирмами. Постоянная работа конструкторов и технологов по модернизации и разработке новой сварочной техники, использование новейших компьютерных технологий дает заводу возможность в короткие сроки осваивать и выпускать новые виды современного высокотехнологичного электросварочного оборудования.

Для обработки металлического листа используется современный штамповочный комплекс с программным управлением TRUMATIC немецкой фирмы TRUMPF. Эти станки обеспечивают ввод данных при графическом программировании в диалоговом режиме и вращение инструмента при вырубке, высечке и формовке деталей различных конфигураций. Благодаря этому уменьшаются производственные расходы как при изготовлении индивидуальных деталей, так и при серийном производстве.

Сборочный цех оборудован современным комплексом распайки и промывки печатных плат, автоматизированной линией пропитки силовых обмоточных узлов сварочных трансформаторов, электрических катушек и дросселей лаком класса нагревостойкости Н в вакуумной барокамере. Для окраски корпусов оборудования используется современная линия покраски порошковым напылением.

Номенклатура выпускаемого электросварочного оборудования достаточно широка и, как показали маркетинговые исследования, не уступает многим зарубежным фирмам-изготовителям.

Ассортимент оборудования составляет 100 наименований сварочной техники:

- *сварочные трансформаторы для ручной дуговой сварки с механическим регулированием сварочного тока, обеспечивающие сварку всеми типами электродов на силе тока от 100 до 500 А (ТДМ-140, ТДМ-180, ТДМ-200, ТДМ-315, ТДМ-450, ТДМ-505);*
- *однопостовые сварочные выпрямители для ручной дуговой сварки с механической и электронной регулировкой сварочного тока ВД-131, ВД-250, ВД-306М1 и ВД-306С1, ВД-306 Д, ВД-506 Д; многопостовые сварочные выпрямители ВДМ-6303 (4-постовой), ВДМ-1202С (8-постовой) и ВДМ-1600 (10-постовой);*
- *полуавтоматы для сварки в среде защитных газов на токи от 100 до 600 А (ПДГ-152, ПДГ-200, ПДГ-252, ПДГ-251, ПДГ-351, ПДГ-312-5, ПДГ-322М, ПДГ-421, ПДГ-401, ПДГО-508С, ПДГО-510, ПДГО-601, ПДГО-602);*
- *источники питания для полуавтоматической и автоматической сварки на силу тока от 300 до 1250 А (ВС-300 Б, ВДГ-303-3, ВД-306 ДК, ВД-506 ДК, ВДГИ-401, ВДГ-401, ВДУ-506 С, ВДУ-511, ВДУ-601С, ВС-600С, ВС-730, ВДУ-1000, ВДУ-1250);*

- установки для аргонодуговой сварки всех видов металлов и сплавов, в том числе алюминия и его сплавов (УДГ-161, УДГ-180, УДГУ-251 AC/DC, УДГ-351 AC/DC и УДГУ-501 AC/DC);
- сварочные автоматы и сварочные головки для сварки под слоем флюса (АДФ-800, АДФ-1000, АДФ-1250) на постоянном токе;
- универсальный сварочный конвертор КСУ-320, который представляет собой выносной источник низкого напряжения, обеспечивающий падающую внешнюю вольт-амперную характеристику для ручной дуговой сварки покрытыми электродами и жесткую внешнюю вольт-амперную характеристику для механизированной дуговой сварки в среде защитных газов;
- установки для воздушно-плазменной резки металла (УВПр-0401, УВПр-0901, УВПр-120, УВПр-2001);
- блоки снижения напряжения холостого хода сварочных источников питания (БСН-10, БСН-10);
- малогабаритные машины (МТ-501, МТ-801) для контактной точечной сварки изделий из низкоуглеродистых и низколегированных сталей на переменном токе;
- оборудование для управления контактными машинами (регуляторы контактной сварки РКС-801 М, контакторы тиристорные КТ-07, КТ-11 и КТ-12, клапан электропневматический КЭП-16-1).

«Фирма СЭЛМА» постоянно проводит поиск новых технологических подходов для улучшения качества сварного соединения. Оборудование «Фирмы СЭЛМА» для автоматизации процессов подготовки швов, сварки и резки, не имеющее аналогов в СНГ, позволяет сократить время производства, увеличить эффективность и снизить затраты на проведение сварочных работ.

Несущая конструкция для механизации процесса сварки ГК-200 в комбинации с осциллятором предназначена для выполнения колебательных движений горелки при сварке корневых и заполняющих швов больших толщин во всех пространственных положениях. Несущая конструкция может передвигаться по жесткой или гибкой направляющей любой конфигурации. Преимущество оборудования состоит в том, что оно позволяет производить сварку и резку в любом пространственном положении, включая орбитальную.

При сварке металлов толщиной более 5 мм трудной задачей становится получение гарантированного полного проплавления, поэтому согласно нормативной документации, необходима специальная разделка кромок. Для механической подготовки кромок листовых материалов под сварку могут быть использованы мобильные кромкоскалывающие машины МКС-18 и ручные кромкофрезерные машины МКФ-18Р.

Специально по заказу предприятий нефтегазового комплекса России разработаны универсальные выпрямители ВД-306 ДК и ВД-506 ДК в комплекте с подающим механизмами ПДГО-510 или ПДГО-511 для механизированной сварки, и в комплекте с блоком БУСП-ТИГ — для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

Свою торговую марку ОАО «Фирма СЭЛМА» постоянно поддерживает, участвуя в международных и региональных специализированных и отраслевых выставках в Украи-





не и за рубежом. Каждый год «Фирма СЭЛМА» участвует в 10–12 региональных специализированных выставках в Киеве, Днепропетровске, Запорожье, Харькове, Донецке, Кривой Рог. «Фирма СЭЛМА» — постоянный участник коллективных стендов Украины, организуемых НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» на крупнейших международных сварочных выставках в Германии, Китае, Японии, Индии.

Ежегодно на заводе проводятся научно-практические конференции для специалистов судостроения и мостостроения, нефтегазодобывающего и нефтегазоперерабатывающего комплекса и других отраслей.

Усиливающаяся в мире конкуренция привела к ужесточению требований, предъявляемых потребителями к качеству товаров и услуг. Чтобы уверенно действовать на внешнем рынке, на фирме внедрена и аттестована система качества, которая отвечает требованиям международных стандартов ISO серии 9001 и TUV (Германия). Сертификат на систему качества ISO 9001 в 2001 г. заводу вручил директор ИЭС им. Е. О. Патона — академик Б. Е. Патон.

Фирма «СЭЛМА» постоянно осваивает новые рынки сбыта и ведет поиск потенциальных клиентов в различных регионах Украины и за рубежом. Реализация сварочного оборудования за пределы Украины составляет 70% от общего объема, из них 60% — Россия, 10% — страны Ближнего и Дальнего зарубежья. Основными партнерами фирмы из Дальнего зарубежья являются компании Сингапура, Иордании, Египта, ОАЭ, Ливана, Вьетнама и др.

Большое внимание на фирме уделяется решению социальных проблем. На заводе функционируют медицинский центр с большим диапазоном услуг и современный стоматологический комплекс, на Черноморском побережье Крыма работают летний детский лагерь и база отдыха «Парус». В центре Симферополя функционирует детский дошкольный комплекс «Алые паруса», который по праву считается одним из лучших в Украине.

Профессиональная деятельность ОАО «Фирма СЭЛМА» отмечена почетными дипломами и наградами: Диплом лауреата общенационального конкурса «Вища проба» за высокий технический уровень, качество и конкурентоспособность электросварочного оборудования; Диплом и почетный знак «Лидер промышленности и предпринимательства Украины-2006»; Диплом Всеукраинской акции «Золота Фортуна» Всеукраинского открытого рейтинга популярности и качества «Колесо Фортуны»; Почетный диплом Торгово-Промышленной палаты Крыма за весомый вклад во внешнеэкономическую деятельность и активное участие в жизни палаты, а также в укрепление ее роли в развитии экономики Автономной Республики Крым; Международная награда «Золотая Звезда» за качество продукции и общий имидж фирмы; Международный приз «Хрустальный дракон» за технологию производства и качество продукции.

Постоянное совершенствование выпускаемой продукции, поиск передовых технологий в производстве новых образцов электросварочного оборудования и быстрое реагирование на потребности рынка позволяют ОАО «Фирма СЭЛМА» занимать устойчивую конкурентную позицию в области производства электросварочного оборудования. ● #720

Жидкое стекло: обеспечение качества сварочных электродов

Н. В. Скорина, А. Е. Марченко, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Жидкое стекло по-прежнему остается наиболее эффективным, доступным, а в подавляющем большинстве случаев незаменимым связующим электродных покрытий, в т. ч. благодаря своей невысокой стоимости и относительно простой технологии изготовления.

В покрытии электродов жидкое стекло и находящиеся в его составе щелочные силикаты выполняют несколько важных функций:

- обеспечивают обмазочным массам, из которых формируется электродное покрытие, требуемый уровень пластичности, т. е. способность формоваться в процессе нанесения массы на прутки и сохранять приобретенную форму, пока в ходе естественной выдержки или термической обработки опрессованных электродов покрытие не отвердеет;
- цементируют покрытие после его обезвоживания и обеспечивают его конечную прочность, необходимую для того, чтобы предотвратить разрушение при транспортировке, хранении и использовании электродов по назначению;
- стабилизируют дуговой разряд благодаря низкому потенциалу ионизации входящих в его состав щелочных металлов (калия и натрия);
- регулируют физико-химические свойства шлаков, образующихся при плавлении электродов, в результате чего электроды могут выполнять свое функциональное назначение.

Жидкое стекло как технический продукт было получено еще в XVI в. путем длительной выдержки высокощелочного силиката во влажной среде. Однако настоящее промышленное производство его было начато в Германии Фуксом только в 1841 г.

С тех пор во многих отраслях производства, использующих жидкое стекло, были установлены его следующие достоинства, важные и для изготовления сварочных электродов:

- отсутствие стехиометрических ограничений, благодаря чему можно получать продукты с широкими пределами колебаний концентраций их компонентов, таких как K_2O , Na_2O , SiO_2 и H_2O ;

- возможность организации производства с широкими колебаниями единичной мощности по объемам выпуска жидкостекляной продукции — от мелко- до крупнотоннажного;
- экологическая чистота производства и применения;
- пожарная и экологическая безопасность продукта и производства;
- относительно невысокая стоимость и доступность используемого сырья.

Необходимость непрерывного совершенствования продукции, изготавливаемой с применением жидкого стекла, стимулирует дальнейшее исследование его свойств. В последние годы одним из таких стимулов стало резкое уменьшение единичных производств сварочных электродов. Это обусловило ряд ограничений в реализации многих важных для электродов технологических преимуществ жидкого стекла и повысило вероятность появления недостатков технологии их приготовления.

Растворение. При традиционной (автоклавной) разварке калиевой и калиевонатриевой силикатной глыбы встречаются случаи обильного шламообразования, которое сопровождается сильным помутнением жидкого стекла и интенсивным выпадением осадка. Результаты исследований показывают, что причинами указанных явлений могут быть неправильно выбранные режимы разварки (давление, температура), жесткость используемой воды и химический состав (высокий силикатный модуль) глыбы. Причем влияние последних тем больше, чем выше давление в аппарате (перегрев) в процессе растворения.

В *таблице* приведены результаты наблюдений за изменением вязкости жидкого стекла, вызванного его перегревом при автоклавной разварке калиевонатриевой силикатной глыбы разного модуля. Особенно сильной деструкции, вызванной перегревом, подвержено высокомодульное жидкое стекло (вязкость понижается больше, чем в 50 раз). В стекле среднего модуля вязкость понижается при тех же параметрах разварки в 15–20 раз. В низкомодульном жидком

Таблица. Влияние режима разварки калиевонатриевой силикатной глыбы на характеристики жидкого стекла

Модуль	Параметры разварки		Вязкость жидкого стекла, МПа·с	
	P, МПа	T, °C	начальная	конечная
3,8	0,8	160	585	10
3,2	0,6	145	590	35
	0,8	160	590	30
	1,0	175	590	27
2,4	0,7	150	1560	390
	0,8	160	1557	415
2,3	0,7	150	1564	540

стекле вязкость понижается в 3–4 раза. Одновременно с вязкостью понижается и плотность жидкого стекла. Под влиянием деструкции технологические свойства жидкого стекла существенно ухудшаются. Количество образующегося шлама при этом может достигать 12% для высокомодульного и 60% для низко модульного жидкого стекла. При таком интенсивном шламообразовании могут возникнуть проблемы с качественной фильтрацией жидкого стекла.

Установлено, что помутнение жидкого стекла вызывает кристаллизация щелочного силиката. Его кристаллическая структура изучена с помощью рентгеноструктурных исследований, а химический состав — с помощью рентгенофлуоресцентного анализа обезвоженного осадка (шлама) — аморфного вещества (кремнегель), обогащенного примесями (Fe, Al, Ca, Mg).

Таким образом, калиевые и калиевонатриевые силикатные глыбы следует растворять при низком давлении (0,3–0,4 МПа) и после достижения требуемой плотности прекращать разварку, не подвергая полученное жидкое стекло длительному перегреву.

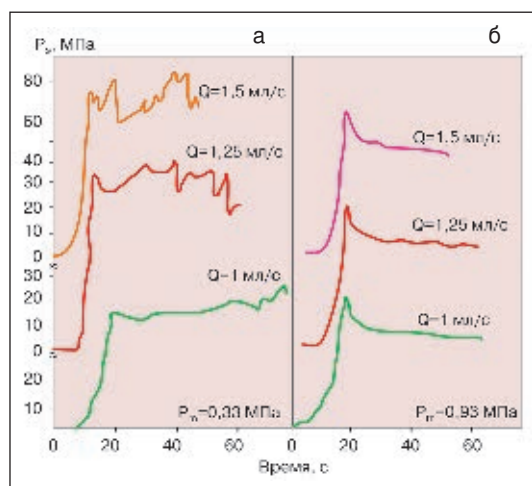
Для натриевого и натриевокалиевого жидкого стекла перегрев не представляет большой опасности, хотя это стекло также следует предохранять от перегрева.

Выравнивание (усреднение) характеристик жидкого стекла. Как уже отмечалось, в химическом составе щелочных силикатов нет стехиометрических ограничений, характерных для классических химических соединений. Это справедливо и для сухого, и для растворенного в воде силиката. Следовательно, нельзя характеризовать жидкое стекло каким-то одним параметром, например плотностью, как это возможно в случае водных растворов поваренной соли, соды, поташа и других химических соединений. Приходится одновременно использовать, по крайней мере, два параметра: модуль и концентрацию силиката в растворе или плотность и вязкость жидкого стекла. Каждый производитель электродов должен владеть приемами измерения плотности и вязкости жидкого стекла и обязательно иметь необходимые для этого приборы и приспособления. Для комбинированного жидкого стекла еще нужно быть уверенным в том, что соотношение щелочных оксидов натрия и калия тоже остается неизменным в пределах регламентированных допусков.

В соответствии с современными представлениями жидкое стекло сочетает в себе свойства полимеров с невысокой степенью полимеризации и электролитов. Зависимость их вязкости от плотности (концентрации) описывается семейством экспонент, каждая из которых имеет тем большую крутизну и тем больше смещена относительно соседней экспоненты, чем выше модуль растворенного силиката. Пользуясь такими номограммами, заблаговременно экспериментально полученными для разных видов жидкого стекла, можно по двум параметрам (плотность или вязкость) найти третий (модуль). Указанные номограммы приведены в многочисленных журнальных статьях, учебниках и монографиях. Там же даны и рекомендации по регулированию параметров жидкого стекла с целью его доведения до значений, предписанных в технологической документации. Особое внимание следует обратить на неаддитивный характер изменения вязкости комбинированного жидкого стекла при его смешивании, если тип, модуль и вязкость жидкого стекла, взятого для смешивания, отличаются между собой.

Так, если смешивать в пропорции 1:1 два однотипных стекла с одинаковым модулем,

Рис. 1. Кривые экструзии и пластическая прочность обмазочной массы электродов АНО–9, изготовленных на низко модульном M=2,6 (а) и высоко модульном M=3,6 (б) жидком стекле вязкостью 200 МПа·с (Q — расход обмазочной массы)



но с разной вязкостью (например, 100 и 1000 МПа·с), то вязкость смеси составит 300 МПа·с, а не 550 МПа·с, как следовало бы ожидать, исходя из правила аддитивности. В то же время плотность смесей из жидкого стекла полностью подчиняется указанному правилу.

Второй пример. Если смешать в той же пропорции два стекла с одинаковой вязкостью (750 МПа·с), но с разным модулем, то вязкость смеси понизится втрое — до 250 МПа·с. Плотность в этом случае будет иметь среднее значение, т. е. будет равна половине суммы плотности жидкого стекла, взятого для смешивания.

Третий пример. Смешивая жидкое стекло разного вида (Na, K или Li), но с одинаковой вязкостью, можно получить смесь с большей, меньшей вязкостью или равной той, которая была у стекла, взятого для смешивания, в зависимости от соотношения модулей исходного жидкого стекла (синергетический эффект).

Указанные эффекты следует принимать в расчет, когда в заводскую технологию приготовления жидкого стекла по тем или иным причинам включают элементы усреднения (выравнивания) его характеристик, и тщательно проверять на небольших пробах, не появятся ли при практическом применении нежелательные непредсказуемые эффекты.

Влияние характеристик жидкого стекла на свойства заготовок и конечной продукции. Модуль жидкого стекла влияет на пластичность обмазочных масс, сушильные свойства покрытия, его прочность и гигроскопичность, а также на содержание водорода в наплавленном металле. Традиционно для производства электродов используют натриевое, калиевое и комбинированное жидкое стекло с модулем $3 \pm 0,3$ единицы. Модуль меньше указанной нижней границы нежелателен из-за ухудшения пластичности обмазочной массы: опрессовочных свойств массы и сырой прочности покрытия, сушильных свойств сырого покрытия, повышения гигроскопичности покрытия готовых электродов и содержания водорода в наплавленном металле (рис. 1). Единственным положительным следствием использования низкомодульного жидкого стекла является повышение прочности покрытия готовых электродов. Но этот благоприятный эффект чаще всего не может быть реализован из-за перечисленных выше технологических недостатков низкомодульного стекла. Компенсировать некоторые недо-

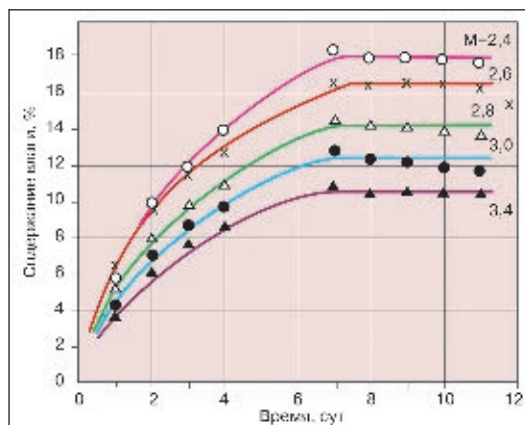


Рис. 2. Влияние модуля М жидкого калиево-натриевого стекла на гигроскопичность покрытия электродов УОНИ-13/55

статки низкомодульного стекла в какой-то мере удастся путем повышения концентрации растворенного в жидком стекле силиката, т. е. доводя плотность стекла до $1,5 \text{ г/см}^3$, а вязкость — до нескольких тысяч МПа·с. Однако при этом другие технологические недостатки существенно усилятся.

Высокомодульное жидкое стекло легче дегидратируется при нагреве, а изготовленные на нем покрытия обладают более благоприятными сушильными свойствами. Однако чрезмерно высокая скорость обезвоживания покрытия при сушке электродов может вызвать образование трещин в покрытии. Увеличение модуля свыше 3,3 единицы, как правило, приводит к понижению прочности покрытий прокаленных электродов, особенно, если речь идет о низководородных электродах. Это зачастую не дает возможности реализовать другие технологические преимущества высокомодульного жидкого стекла, такие как понижение гигроскопичности покрытия (рис. 2) и, следовательно, содержание водорода в наплавленном металле.

Исследования многих авторов показывают, что щелочной силикат (сухой остаток жидкого стекла) содержит два источника потенциального водорода: гидратную оболочку щелочных катионов и гидроксил — ионы кремнекислородных анионов. Роль первого источника возрастает при уменьшении, а роль второго — при увеличении модуля силиката. Исходя из этого, следует ожидать, что при каком-то модуле должен наступить баланс указанных источников, при котором будет минимальное содержание водорода в силикате. Как показывают экспериментальные исследования, это происходит при модуле, равном 3,0 единицам. При модуле меньше 3,0 повышение содержания потенциального водорода вызывает первый, а при более 3,0 — второй источник. Однако следует учитывать, что одновременно с по-

вышением модуля жидкого стекла уменьшается содержание сухого остатка в покрытии. Поэтому минимум содержания водорода в наплавленном металле может наступить при модуле, не равном, а несколько большем 3,0 единиц (в проведенных авторами опытах $[H]=3,6$ мл/100 г при модуле 4,2 единицы против $[H]=4,4$ мл/100 г при модуле 3,0). Дальнейшее повышение модуля (например, использование связующего в виде полисиликата, т. е. водного раствора кремнезема, стабилизированного небольшим количеством щелочи, у которого модуль может достигать 38 единиц) вызывает увеличение содержания водорода в наплавленном металле ($[H]=5,5$ мл/100 г) по сравнению с тем, который наблюдали в минимуме.

Вязкость жидкого стекла является его второй ключевой технологической характеристикой. По вязкости чаще всего можно судить о пригодности жидкого стекла для изготовления электродов. Границы изменения вязкости жидкого стекла в производстве электродов находятся в пределах от 50 до 2500 МПас. Рекомендованное значение вязкости, так же, как модуля и плотности, определяет разработчик электродов и вносит в нормативную документацию.

При этом принимается в расчет, что использование жидкого стекла с низкой вязкостью приводит к улучшению сушильных характеристик покрытия, понижению его гигроскопичности, а также к улучшению сварочно-технологических характеристик электродов. Однако при этом появляется большая опасность потери пластичности обмазочной массы из-за отжата жидкой фазы от наполнителя в головке пресса. Чтобы это не произошло, низковязкое стекло используют в сочетании с карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ).

Напротив, увеличение вязкости жидкого стекла способствует улучшению опрессо-

вочных характеристик обмазочной массы, но вызывает ухудшение стойкости сырого покрытия против вмятин (проседание на опорных поверхностях рамок и транспортировочных устройств). Одновременно увеличивается гигроскопичность покрытия и ухудшаются сварочно-технологические свойства электродов.

В общем случае нужно учитывать следующие технологические рекомендации.

1. С повышением модуля следует понижать вязкость жидкого стекла (противоположное сочетание изменений этих характеристик тоже справедливо).

2. С увеличением содержания пластификаторов (органических и минеральных) вязкость жидкого стекла тоже может быть уменьшена. Эта рекомендация распространяется не только на основной, но и на рутиловый и рутил-целлюлозный типы покрытия.

3. Вязкость калиевого стекла должна быть ниже, чем натриевого.

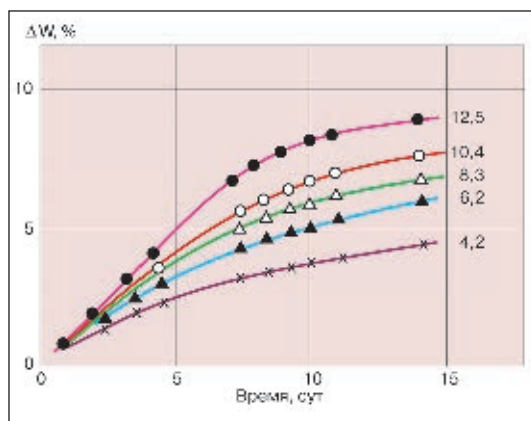
4. При изготовлении электродов, в шихте которых преобладают тонкие фракции порошков, вязкость жидкого стекла должна понижаться. Наоборот, если в шихте преобладают грубодисперсные фракции или 40–60% железного порошка, вязкость жидкого стекла должна повышаться.

Доза жидкого стекла в обмазочной массе зависит от вещественного и зернового состава шихты и в производстве широко распространенных марок электродов с рутиловым и основным покрытием обычно колеблется от 20 до 30 масс.%. Нижняя граница относится к электродам с большим содержанием железного порошка, верхняя — к электродам с одержанием мелкой фракции в шихте на верхнем пределе рекомендованного зернового состава шихтовых материалов. В производстве целлюлозных электродов расход жидкого стекла значительно больше и может колебаться от 40 до 50 масс. %.

На дозу жидкого стекла влияют также его вязкость и наличие пластификаторов.

Следует избегать избыточных содержания жидкого стекла в обмазочной массе, особенно при изготовлении электродов с основным покрытием. Это связано с ухудшением не только ее технологических характеристик (возрастает опасность повреждения сырого покрытия в процессе последующих манипуляций с электродами), но и многих сварочных и металлургических характеристик электродов. Приведенные на рис. 3 и 4 данные показывают, что с увеличением содержания силиката в покрытии с 4,2 до 12,5%:

Рис. 3.
Кинетика поглощения влаги ΔW покрытием электродов УОНИ-13/55, изготовленных на различных дозах натриево-калиевого жидкого стекла ($\varphi=95\%$, $T=20^\circ\text{C}$). Цифры — доля сухого силиката в покрытии, %



- возрастает доля паров воды, сорбируемых покрытием из воздуха, с 4 до 9% (относительная влажность атмосферы 94,5%, экспозиция электродов 14 сут.);
- понижается доля марганца в наплавленном металле с 1,65 до 1,35%;
- увеличивается напряжение дуги с 40 до 46 В, а напряжение холостого хода трансформатора, при котором возможна сварка переменным током, возрастает с 60 до 74 В (рис. 5);
- на 20–25% возрастают валовые выделения сварочного аэрозоля (рис. 6);
- повышается содержание водорода в наплавленном металле с 5,5 до 6,5 мл/100 г, даже если сварку вести электродами сразу же после их прокаливания.

Единственным положительным эффектом, связанным с увеличением дозы жидкого стекла, является измельчение капель электродного металла, которое сопровождается уменьшением длительности коротких замыканий с 17,5 до 15,0 мс. Однако, как следует из анализа выше названных показателей, достигается этот эффект очень дорогой ценой.

В производстве электродов с рутиловым покрытием повышение дозы жидкого стекла менее заметно влияет на свойства электродов. Однако это тоже не следует допускать.

Предприятия с малым объемом производства электродов объективно лишились таких технологических рычагов управления качеством жидкого стекла, которое необходимо для обеспечения качества электродов, как автоклавное растворение глыбы, фильтрация, технологическая доводка («дозревание»), термостатирование, коррекция и усреднение характеристик растворов и др. Применяемые методы растворения силикатов технологически недостаточно обоснованы, ограничивают номенклатуру составов силикатов, из которых может быть приготовлено жидкое стекло, не обеспечены аналитическим и физическим контролем. Потери источники поступления стабильных по составу комбинированных силикатных глыб, в результате чего многие предприятия вынуждены вводить дополнительные операции для приготовления комбинированного жидкого стекла, при которых проявляются неблагоприятные синергетические эффекты. Существенно возросли риски возникновения сбоев на стыках технологических операций, вызванных неуправляемыми колебаниями характеристик жидкого стекла при переходе от одной его разварки к другой. Все это требует глубокого осмысле-

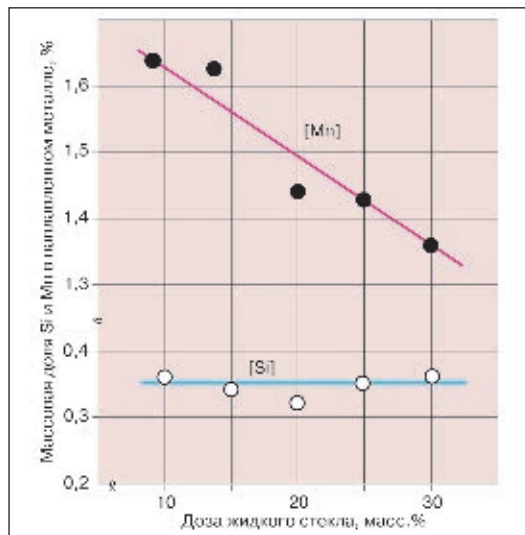


Рис. 4. Влияние дозы жидкого стекла на содержание марганца и кремния в металле, наплавленном электродами УОНИ–13/55

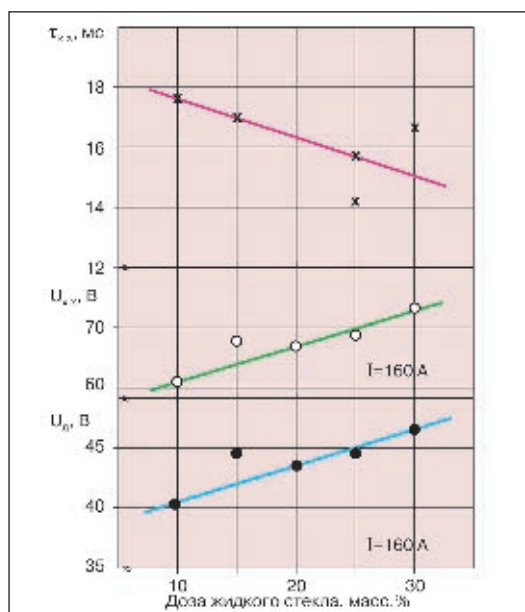


Рис. 5. Влияние дозы жидкого стекла на продолжительность коротких замыканий $\tau_{к.з.}$, напряжение холостого хода трансформатора $U_{х.х.}$ и напряжение дуги U_d при сварке электродами УОНИ–13/55 диаметром 4 мм

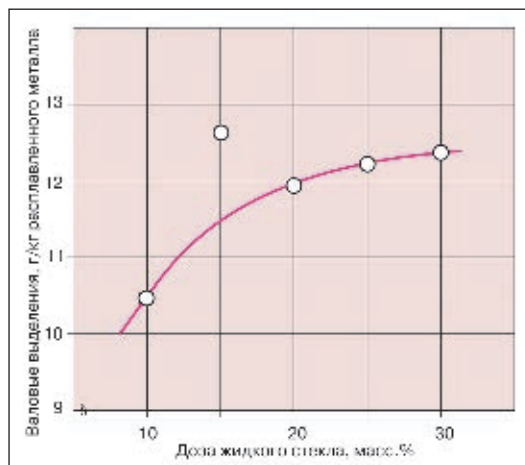


Рис. 6. Влияние дозы жидкого стекла на валовые выделения сварочного аэрозоля при сварке электродами УОНИ–13/55 диаметром 4 мм

ния сложившейся ситуации и принятия обоснованных адекватных технологических решений, которые вряд ли будут по силам отдельным предприятиям.

• #721

Сварочные полуавтоматы ОАО «КЗЭСО».

Идеология и возможности

Н. В. Манзик, ОАО «КЗЭСО», Каховка

ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования», являясь лидером в производстве современных машин контактной сварки, в последние годы активно развивает производство сварочной техники для дуговых способов сварки. Придерживаясь принятой на заводе политики максимального удовлетворения потребностей заказчика, технические службы в тесном сотрудничестве с отделом маркетинга создают новые образцы современной высокоэффективной сварочной техники, отвечающей требованиям конкретного сварочного производства.



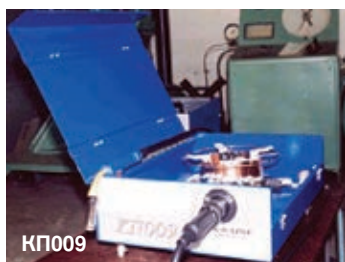
КП002



КП007



КП014



КП009

Сегодня КЗЭСО предлагает потребителям восемнадцать моделей полуавтоматов для механизированной дуговой сварки сплошной и порошковой проволокой в среде защитного газа. За «сухими» техническими характеристиками, приведенными в каталогах, не всегда видны уникальные технические возможности сварочных полуавтоматов, области их эффективного применения.

Полуавтомат **КП002** относится к категории «однокорпусных», так как сварочный трансформатор, выпрямительный блок, система управления и подающий механизм размещены в одном корпусе. Отличительной особенностью данного полуавтомата является возможность выполнять сварку тонкого листа сплошной сварочной проволокой диаметром 0,6 мм (таблица). Полуавтомат оснащен поворотными колесами, площадкой для установки баллона с защитным газом, имеет восемь ступеней регулирования сварочного напряжения, что позволяет успешно использовать его при изготовлении металлоконструкций широкого назначения на предпри-

ятиях малого и среднего бизнеса. Модель **КП002** комплектуется горелкой КГ-001-02 на 160 А со штыревым разъемом (производства КЗЭСО) или импортной горелкой с евразъемом, что оговаривается при формировании заказа.

Сварочный полуавтомат **КП007** собран в легком корпусе из трубчатого каркаса. Минимальное количество органов управления на встроенном пульте управления (два потенциометра регулировки сварочного тока и скорости подачи сварочной проволоки), надежный подающий механизм с двумя парами роликов с зубчатым зацеплением, обеспечивающий стабильную подачу сплошной и порошковой проволоки, дают возможность использовать данный полуавтомат для сварки как в монтажных, так и в стационарных условиях. Отличительными особенностями полуавтомата **КП007** являются отсутствие отдельного шкафа управления, всего один кабель управления (от источника к полуавтомату), возможность подачи сварочной проволоки как из бухты, так и из кассеты.

Полуавтомат **КП0014** смонтирован на шасси с поворотными колесами, что позволяет легко перемещать его вдоль сварной конструкции. Установка режимов сварки осуществляется с панели микропроцессорного блока управления сварочным процессом (БУСП-01), размещенного в нише сварочного выпрямителя. Полуавтомат **КП0014** имеет подающий механизм, аналогичный механизму подачи, применяемому в полуавтомате ПДГ-516М. По требованию заказчика полуавтомат **КП0014** можно укомплектовать импортными сварочными горелками вместо горелок производства КЗЭСО.

Полуавтоматы **КП009**, **КП009-1**, **КП010** разработаны и изготовлены специалистами завода согласно требованиям флагамена российского автомобилестроения — ОАО «АвтоВАЗ». Габаритные размеры полуавтоматов позволяют устанавливать кассеты со сварочной проволокой диаметром 325 мм, такие используют на «АвтоВАЗе», а также легко перемещать их вдоль и поперек сборочно-сварочного конвейера. В полуавтоматах применены мощные импортные подающие меха-

низмы с двумя парами роликов. В КП009–1 и КП010 микропроцессорный блок управления БУСП–01 установлен в полуавтомате, для КП009 БУСП–01 размещен в нише сварочного источника питания. Конструкция полуавтоматов позволяет устанавливать их на поворотную турель и использовать сварочные горелки с длиной шланга до 6 м. Многолетняя эксплуатация полуавтоматов КП009, КП009–1 и КП010 на ОАО «АвтоВАЗ» подтвердила их высокую надежность и превосходные сварочные свойства.

Полуавтомат **КП016** разработан преимущественно для сварки крупногабаритных металлоконструкций в стесненных условиях и на высоте. Двухроликовый подающий механизм, кассета со сварочной проволокой (диаметр до 200 мм) в изоляционном (пластмассовом) кожухе размещены в легком «чемоданчике». Отличительными особенностями данного полуавтомата являются встроенный пульт дистанционного управления двумя режимами сварки, оперативность задания и выбора двух ранее установленных режимов. Сварщик может с помощью четырех потенциометров на панели управления полуавтомата установить два режима сварки и затем в процессе работы переходить с одного режима на другой с помощью тумблера. Такой способ выбора режимов сварки особенно удобен, когда сварщик осуществляет, например, последовательно сварку в нижнем или вертикальном положении. Конструктивные особенности полуавтомата и его технологические возможности привлекли внимание специалистов сварочного производства в судостроении, вагоностроении, у ремонтников. Сегодня полуавтомат КП016, укомплектованный тиристорными сварочными выпрямителями КИУ–501, КИУ–301, успешно эксплуатируется на ряде украинских и российских судостроительных и вагоностроительных заводов.

В малогабаритном полуавтомате **КП016–1** вертикальной компоновки размещены микропроцессорный блок управления БУСП–01, запоминающий и позволяющий оперативно использовать три программируемых режима сварки, современный четырехроликовый подающий механизм и кассета со сварочной проволокой (диаметр до 200 мм). Цифровые индикаторы на панели БУСП–01 дают возможность постоянно контролировать текущие параметры сварки. После прекращения сварки на индикаторах высвечиваются последние значения параметров сварки. Подающий механизм с устрой-

ством тарирования усилия прижатия позволяет стабильно подавать сплошную и порошковую проволоку диаметром от 0,8 до 1,6 мм. Полуавтомат комплектуется импортными сварочными горелками с евровязом.

Мощный полуавтомат **КП017** с проволокоподающим механизмом и креплением кассеты, вынесенными за пределы корпуса, установлены на общей раме с двумя колесами. Такая компоновка позволяет использовать кассеты любого размера, а также осуществлять подачу сварочной проволоки из отдельно расположенной бухты. В соответствии с заявками потребителей полуавтомат КП017 в основном комплектуется сварочными источниками питания КИГ601, КИГ602 (600 А при ПВ=100%) и водоохлаждаемой горелкой на 630 А. Основная область применения — тяжелое и транспортное машиностроение, непрерывная трехсменная работа.

Полуавтомат **КП018** предназначен для сварки сплошной и порошковой проволокой с источником питания, обеспечивающим максимальную силу сварочного тока 500 А. Блок управления, четырехроликовый подающий механизм размещены в одном корпусе. Кассета (до 300 мм) вынесена за пределы корпуса, оба узла расположены на общей раме.

Полуавтомат **КП019** комплектуется источниками питания, обеспечивающими максимальную силу тока до 300 А. Проволокоподающий механизм, блок управления и кассета (до 200 м) со сварочной проволокой размещены в одном корпусе.

Отличительной особенностью полуавтоматов КП017, КП018, КП019 является применение комплектующих (электродвигатель подающего механизма, ролики, отсекатель газа, тормозное устройство) повышенной надежности, модернизированного блока управления БУСП–03, трехжильного кабеля питания.

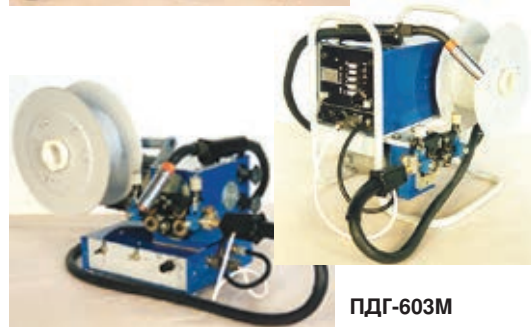


Таблица. Техническая характеристика полуавтоматов для механизированной сварки в среде защитных газов

Параметр	КП 002	КП 007	КП 014	КП 015	КП 016	КП 016-1	КП 009	КП 009-1	КП 010	ПДГ 508М	ПДГ 516М	ПДГ 603М	ПДГ 502	КП 018	КП 017	КП 019
Напряжение питающей сети, В	1×220	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380	3×380
Максимальная сила сварочного тока, А (ПВ, %)	140 (20%)	630 (60%)	630 (60%)	500 (60%)	500 (60%)	500 (60%)	500 (60%)	500 (60%)	500 (60%)	630 (60%)	630 (60%)	630 (60%)	500 (60%)	500 (60%)	500 (60%)	500 (60%)
Мощность электродвигателя привода, Вт	120 Fortrans	100 Fortrans	120 КЗЭСО	100 Fortrans	35 Fortrans	100 Cooptim	100 Fortrans	100 Fortrans	100 Fortrans	180 КЗЭСО	120 КЗЭСО	120 КЗЭСО	120 КЗЭСО	100 Cooptim	120 Cooptim	100 Cooptim
Количество подающих роликов, шт.	2	4	4	2	2	4	4	4	4	2 или 4 по требованию заказчика	4	4	4	4	4	4
Диаметр сварочной проволоки, мм:																
сплошной	0,6–1,2	0,8–2,0	1,2–2,0	0,8–1,4	0,8–1,4	0,8–1,6	0,8–1,6	0,8–1,6	0,8–1,6	1,2–2,0	1,2–2,0	1,2–2,0	1,6–3,0	0,8–2,0	0,8–2,0	0,8–1,6
порошковой	—	1,2–1,6	1,2–2,0	1,2–1,4	1,2–1,4	1,2–1,6	1,2–1,6	1,2–1,6	1,2–1,6	1,2–1,6	1,2–1,6	1,2–3,0	1,2–3,0	1,2–3,2	1,2–3,2	1,2–1,6
Скорость подачи проволоки, м/ч	50–400	120–1200	100–1200	100–1000	124–1240	120–1200	120–1200	120–1200	120–1200	120–1200	120–12000	98–1012	120–750	120–1200	120–1200	120–1200
Диаметр кассеты, мм	300	300	380	200	200	380	380	380	380	300	300	300	300	300	300	200
Габаритные размеры, мм	860×500×620	560×200×365	470×365×430	450×160×290	400×275×155	905×480×250	905×480×250	835×380×520	835×380×520	465×365×400	470×365×430	475×365×430	490×365×420	520×190×285	550×260×320	485×165×300
Масса, кг	75	12,5	12,5	8	9,5	10	26,5	27	27,5	24	12,5	16	20	10	11	9



ПДГ-508М



ПДГ-516М

ПДГ-603М

Полуавтоматы серии КП обеспечивают:

- плавное регулирование режимов сварки (скорость подачи проволоки, напряжение);
- защиту электродвигателя механизма подачи проволоки от перегрузок;
- стабилизацию скорости подачи проволоки;
- тарированное усилие прижимного устройства;
- управление источником питания и подающим механизмом с помощью кнопки на сварочной горелке.

Специалистам сварочного производства хорошо известны полуавтоматы серии ПДГ, основные модели которой — **ПДГ-508М, ПДГ-516М, ПДГ-603М** — завод выпускает в различных исполнениях (проволокоподающая приставка, блок управления, марка и длина сварочной горелки, длина и сечение сварочных кабелей и др.) по требованиям заказчика. С целью повышения надежности и расширения технологических возможностей выполнен комплекс работ по модернизации этих полуавтоматов. Изменена схема управления за счет применения микропроцессорного блока, установлен надежный подающий механизм ПР-2 с двигателем КПА-561 на 120 Вт с четырехроликowym прижимным устройством, обеспечена стабилизация скорости подачи проволоки.

Модернизированные полуавтоматы серии ПДГ находят широкое применение на предприятиях Украины и стран содружества.

Сегодня ОАО «КЗЭСО» разработало и серийно производит полуавтоматы и источники питания для механизированной сварки в защитных газах, которые могут удовлетворить потребности сварочного производства любого предприятия.

● #722

МК «Азовсталь» провел ежегодный международный конкурс профессионального мастерства

В рамках празднования 73-летия комбината 12 августа 2006 г. ОАО «МК «Азовсталь» провел ежегодный международный конкурс профессионального мастерства на звание «Лучший молодой сварщик», «Лучший молодой сталевар конвертера» и конкурс памяти Дмитрия Гуденко «Лучший молодой доменщик». В конкурсе приняли участие представители 14 ведущих металлургических предприятий Украины, России и Беларуси.

Побороться за высокие звания лучших молодых металлургов приехало более 90 делегатов от Новокраматорского машиностроительного завода, Енакиевского металлургического завода, Западно-Сибирского металлургического комбината (Новокузнецк, Россия), Челябинского трубопрокатного завода (Россия), ОАО «Евразруда» (Новокузнецк, Россия), «УкрНафтогаз», ОАО «Запорожстали», ООО «НСК Новокузнецк» (Новокузнецк, Россия), «Миттал Стил Кривой Рог», Днепропетровского металлургического комбината им. Дзержинского и Никопольского завода бесшовных труб «Никотьюб». Мариуполь на конкурсе представляли все три гранда отечественной промышленности: ОАО «МК «Азовсталь», ОАО «ММК им. Ильича» и ОАО «Азовмаш».

Конкурсные задания традиционно состояли из двух туров: теоретического (тесты из 10 вопросов) и практического. Во втором туре молодым сварщикам предстояло сварить собранные пластины в потолочном положении, сталевары соревновались в точности отбора пробы металла, а перед командами доменщиков была поставлена сложная задача — замена воздушной фурмы на время.

Молодые специалисты «Азовстали» продемонстрировали высокие показатели профессиональных навыков, победив в конкурсе «Лучший молодой доменщик» и заняв почетные 2-е и 3-е места в конкурсе на звание «Лучший молодой сварщик». Первое место в конкурсе сварщиков выиграли представители ОАО «ММК им. Ильича» (Мариуполь).

Справка. Ежегодный конкурс профессионального мастерства проводят на МК «Азовсталь», начиная с 1984 г. В 1990-х годах конкурс приобрел статус международного: участие в нем стали принимать также специалисты ведущих металлургических предприятий России и Беларуси. Победителей определяет конкурсная комиссия, в состав которой входят представители всех предприятий-участников конкурса, что обеспечивает объективный подход при оценке результатов.

www.azovstal.com.ua

Газета «Ильичевец»

Анна Романенко

Одно первое и два третьих места получили ильичевцы на международном конкурсе профессионального мастерства среди молодых сварщиков, доменщиков и конвертерщиков, который проходил на базе комбината «Азовсталь».

Представители самых крупных металлургических и машиностроительных заводов Украины, России и Беларуси, всего около 130 человек, приехали в Мариуполь, чтобы определить лучшего по профессии.

Помимо знания теории, от конкурсантов требовалось умение выполнять сложнейшие задания на практике. Сварщики выполняли стыковое соединение пластин толщиной 12 мм в полупотолочном положении.

Самым большим подарком ильичевцам стала абсолютная победа сварщика ЦРМО-4 Сергея Рожкова. Сергей Ветров, тоже сварщик этого цеха, был третьим в практической части конкурса.

«Мы гордимся нашими ребятами, — говорит председатель совета молодых специалистов комбината имени Ильича Иван Коваленко. — Корпоративный отдел и молодежная организация комбината проводили подготовку к соревнованиям в сжатые сроки, и такой успех — свидетельство высокого профессионализма наших молодых рабочих».

Мы поздравляем ильичевцев с успешным выступлением и благодарим всех специалистов, кто помогал ребятам готовиться к конкурсу.

www.ilyichevets.com.ua

Газета «Металлург»

Ольга Захарченко

11–12 августа на ОАО «Азовсталь» (Мариуполь) состоялись международные конкурсы профессионального мастерства среди молодых доменщиков, сталеваров и сварщиков, в которых приняли участие молодые «профи» ОАО «Миттал Стил Кривой Рог». Организатор этого неординарного для всей отрасли события — отдел развития персонала и молодежная организация ОАО «Азовсталь».

Конкурс молодых электросварщиков проходил на базе сварочной лаборатории «Азовстали». В нем участвовали представители таких предприятий, как ОАО «Азовмаш», Новокраматорский машиностроительный завод, Челябинский машиностроительный завод (Россия), «Евразруда» (Россия), а также ОАО «Белорусский метзавод» (Белоруссия). Всего в престижном соревновании соперничало 20 молодых электросварщиков. Представитель от ОАО «Миттал Стил Кривой Рог», электросварщик ЦРЭО-2 Анатолий Хорольский занял шестое место. Первое место у ОАО «Мариупольский меткомбинат им. Ильича», на втором и третьем — представители ОАО «Азовсталь».

Победители и призеры конкурсов получили солидные ценные подарки: за первое место — цифровые фотоаппараты, за второе — цветные телевизоры, за третье — СД магнитолы.

Полезно от таких молодежных конкурсов, конечно, большая. Такое дело стоит продолжать.

www.mittalsteel.com.ua

Основные положения ДСТУ ISO 2560:2004 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки нелегированных и мелкозернистых сталей»

Н. А. Проценко, А. Е. Марченко, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Приказом Госпотребстандарта Украины от 21 сентября 2004 г., № 205 утвержден, а с 01.01.2006 г. введен в действие ДСТУ ISO 2560:2004 «Покрытые электроды для ручной дуговой сварки нелегированных и мелкозернистых сталей» со статусом соответствия ISO 2560:2002, IDT. Технический комитет, который подготовил и несет ответственность за этот стандарт, — ТК 44 «Зварювання і споріднені процеси».

По сравнению с оригиналом в данный стандарт внесены небольшие редакционные изменения. Такие структурные элементы стандарта, как обложка, предисловие, оглавление, библиографические данные оформлены в соответствии с требованиями стандартов Украины. В раздел 2 «Нормативные ссылки» включены национальные разъяснения в виде названий 10 международных стандартов, содержащих требования, на которые имеются ссылки, вследствие чего эти требования автоматически становятся положениями стандарта ДСТУ ISO 2560:2004. Некоторые из них уже переработаны и изданы в виде национальных стандартов Украины (ДСТУ ISO 544, ДСТУ ISO 2401, ДСТУ ISO 6847, а МС ISO 6947 полностью включен в ДСТУ 2092–92 со степенью соответствия — эквивалентный). Национальных версий остальных стандартов нет, и других, действующих вместо них нормативных документов не имеется. Но это не освобождает изготовителей электродов от необходимости исполнения содержащихся в них требований, на которые имеются ссылки в ДСТУ ISO 2560:2004.

ДСТУ ISO 2560:2004 устанавливает требования к классификации покрытых электродов, предназначенных для сварки нелегированных и мелкозернистых сталей с минимальным пределом текучести до 500 МПа и минимальным пределом прочности до 570 МПа, а также наплавленного ими металла в состоянии после сварки и после термической обработки, предназначенной для снятия напряжений.

В стандарте использовано два подхода к классификации. По первому из них (вариант А) электроды классифицируют по пределу текучести и средней работе ударного разрушения наплавленного металла, равной 47 Дж (аналогичная методическая база лежит в основе действующего европейского стандарта EN–499). Согласно второму подходу (вариант В) электроды классифицируют по временному сопротивлению разрыву и средней работе ударного разрушения наплавленного металла, равной 27 Дж (похожая методическая база, особенно если принять во внимание используемые принципы классификации электродов по типам покрытий и положению свариваемых швов, традиционно используется в американском стандарте AWS A5.1). Разделы и таблицы стандарта, соответствующие одному или второму подходу, пронумерованы соответственно индексами А или В. Разделы же и таблицы, общие для обоих подходов, отличительных индексов в своей нумерации не содержат.

Производителям электродов предоставляется возможность пользоваться в своей практической деятельности любой системой или обеими системами вместе.

Наплавленный металл как для собственно классификационных испытаний электродов, так и для подтверждения соответствия изготовленной электродной продукции установленным требованиям, получают путем использования при сварке электродов диаметром 4 мм. Образцы сваривают в нижнем положении, за исключением выяснения и подтверждения символа положения сварки, который базируется на требованиях ISO 15792–3. Температуру предварительного нагрева и температуру между проходами необходимо измерять термокарандашами, поверхностными термометрами или термометрами (см. ISO 13916). Последовательность выполнения слоев при сварке контрольных стыков электродами диаметром 4 мм должна

Символ	$\sigma_{\text{тmin}}$, МПа	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ_{min} , %	Символ	T_{47} , °C	Символ	Номинальная, массовая доль, %		
35	355	440-570	22	Z	вр		Mn	Mo	Ni
38	380	470-600	20	A	+20	-	2,0	-	-
42	420	500-640	20	0	0	Mo	1,4	0,3-0,6	-
46	460	530-680	20	2	-20	MnMo	1,4-2,0	0,3-0,6	-
50	500	560-720	18	3	-30	1Ni	1,4	-	0,6-1,2
				4	-40	2Ni	1,4	-	1,8-2,6
				5	-50	3Ni	1,4	-	2,6-3,8
				6	-60	Mn1Ni	1,4-2,0	-	0,6-1,2
						1NiMo	1,4	-	0,6-1,2
						Z	Любой другой состав		

Символ	$[H]_{\text{diff}}$, мл/100 г
II5	≤ 5
H10	≤ 10
H15	≤ 15

Вид продукции

ISO 2560-A E 385 Mn1Ni B 35 5H

Символ	Тип покрытия
A	Кислое
C	Целлюлозное
R	Рутитовое
RR	Рутитовое (толстое)
RC	Рутит-целлюлозное
RA	Рутитово-кислое
RB	Рутитово-основное
B	Основное

Символ	Эффективность, Квт, %	Род и полярность тока
1	<105	≈, =(+)
2	<105	- (±)
3	>105, но ≤125	≈, =(+)
4	>105, но ≤125	= (±)
5	>125, но ≤160	≈, =(+)
6	>125, но ≤160	- (±)
7	>160	≈, =(+)
8	>160	= (±)

Символ	Ориентация швов при сварке
1	PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG
2	PA, PB, PC, PD, PE
3	PA, PB
4	PA
5	PA, PB, PG

Примечания: 1. Часть обозначения, выделенная курсивом, обязательна, остальная необязательна.
 2. Механические свойства наплавленного металла определяются в состоянии после сварки, поэтому символ условий термообработки после сварки не предусмотрен.
 3. Символы положений сварки, для которых применяются электроды, определены в ISO 15792-3.
 4. Номинальная эффективность электрода характеризуется выходом наплавленного металла, величина которого определяется согласно ISO 2401.

Рис. 1. Расшифровка условного обозначения электродов по ДСТУ ISO 2560:2004, вариант А (классификация по пределу текучести и работе ударного разрушения 47 Дж)

Символ	σ_{25} , МПа, не менее
43	430
49	490
55	550
57	570

Требования к пределу текучести и относительному удлинению в зависимости от химического состава, условий термообработки разрывных образцов, а также требования к температуре испытаний ударных образцов детализированы в табл. 8В ДСТУ ISO 2560.

Символ	Тип покрытия	Положения сварки ¹⁾	Род и полярность тока
03	Рутилово-основное	Все ²⁾	~ и - (+)
10	Целлюлозное	Все ²⁾	= (+)
11	Целлюлозное	Все ²⁾	~ и = (+)
12	Рутиловое	Все ²⁾	~ и - (-)
13	Рутиловое	Все ²⁾	~ и = (+)
14	Рутиловое с порошком Fe	Все ²⁾	~ и = (+)
15	Основное	Все ²⁾	- (+)
16	Основное	Все ²⁾	~ и = (+)
18	Основное с порошком Fe	Все²⁾	~ и = (+)
19	Ильменитовое	Все ²⁾	~ и - (+)
20	Окислительное	РА, РВ	~ и = (-)
24	Рутиловое с порошком Fe	РА, РВ	~ и = (+)
27	Окислительное с порошком Fe	РА, РВ	~ и - (-)
28	Основное с порошком Fe	РА, РВ, РС	~ и = (+)
40	Устанавливается по рекомендации изготовителя		
48	Основное	Все	~ и - (+)

Вид продукции

ISO 2560-B-E 4918 3N3 P U H10

Символ	Химический состав наплавленного металла	
	Элементы	Номинальное содержание, %
-	Mn	1,4
1, P1	Mn	1,4
1M3	Mo	0,5
3M2	Mn, Mo	1,5 Mn, 0,4 Mo
3M3	Mn, Mo	1,5 Mn, 0,5 Mo
N1	Ni	0,5
N2	Ni	1
N3	Ni	1,5
3N3	Mn, Ni	1,5 Mn, 1,5 Ni
N5	Ni	2,5
N7	Ni	3,5
N13	Ni	6,5
N2M3	Ni, Mo	1 Ni, 0,5 Mo
NC	Ni, Cu	0,5 Ni, 0,4 Cu
CC	Cr, Cu	0,5 Cr, 0,4 Cu
NCC	Ni, Cr, Cu	0,2Ni, 0,6Cr, 0,5Cu
NCC1	Ni, Cr, Cu	0,6Ni, 0,6Cr, 0,5Cu
NCC2	Ni, Cr, Cu	0,3Ni, 0,2Cr, 0,5Cu
G	Любой другой согласованный состав	

Символ	Температура термообработки разрывных образцов
P	В состоянии после сварки
A	(600±15)°C для состава NC, (605±15)°C для составов N1 и N3 или (620±15)°C для остальных составов

Символ U обозначает, что дополнительно к требованиям табл. 8В ДСТУ ISO 2560 необходимо обеспечить работу ударного разрушения, равную 47 Дж при той же температуре

Символ	[H] _{лиф} , мДж/100 г, не более
H5	5
H10	10
H15	15

Примечания: 1. Часть обозначения, выделенная курсивом, обязательна, остальная необязательна.
2. Положения сварки в соответствии с ISO 6947 обозначаются символами: РА — нижнее, РВ — горизонтальные угловые швы на вертикальной плоскости, РС — горизонтальные и РГ — горизонтальные швы способом сверху вниз.
3. Все положения могут содержать, а могут и не содержать требования выполнения вертикальных швов способом сверху вниз. Это должно быть установлено в документации производителя.

Рис. 2. Расшифровка условного обозначения электродов по ДСТУ ISO 2560:2004, вариант В (классификация по временному сопротивлению разрыву и работе ударного разрушения 27 Дж)

соответствовать следующим рекомендациям: сварка стыкового соединения проводится за 7–9 слоев, по два прохода в каждом слое (допускается в двух верхних слоях по три прохода). Направление сварки во время выполнения прохода не изменяется. Каждый проход сваривают при силе тока, составляющей от 70 до 90% максимального значения, которое рекомендовано производителем. Независимо от типа покрытия сварку следует выполнять на переменном токе, если рекомендован как переменный, так и постоянный ток, или на постоянном токе, если рекомендован только постоянный ток. Содержание водорода определяется по ISO 3690. Силу тока устанавливают в таких же пределах, как и при испытаниях характеристик наплавленного металла. Аналогичными подходами следует руководствоваться и при выборе вида тока и полярности. В Украине имеется стандартизованный метод определения содержания водорода в наплавленном металле (хроматографический анализ на приборе ОБ 2784), который, как показали сравнительные испытания, дает результаты, сопоставимые с теми, которые требует ISO 3690.

Химический анализ можно выполнять на любом соответствующем опытном образце. В сомнительных случаях следует использовать образцы, отвечающие требованиям ДСТУ ISO 6847.

Основные нормативные показатели, которые заложены в классификацию электродов по каждому из названных вариантов, и их значения схематически представлены на рис. 1 и 2. Кодовое обозначение электродов состоит из обязательной и необязательной частей. Полное обозначение должно быть на упаковке электродов.

Следует особо подчеркнуть, что оценку состава и свойств металла по варианту В нужно проводить с учетом детализированных требований, которые изложены в табл. 8В и 10В ДСТУ ISO 2560:2004.

В отдельном разделе стандарта изложены положения, которыми следует руководствоваться при испытаниях углового шва. Они основаны на требованиях ISO 15792 и регламентируют состав и состояние основного металла, размер образцов, диаметр электрода, положение шва при сварке, а также результаты испытаний, которые являются проходными.

Раздел 8 содержит детальные положения, которые относятся к повторным испытаниям. Если при каком-либо испытании получен результат, не соответствующий требованию, то его нужно повторить дважды. Результаты

обоих повторных испытаний должны соответствовать требованиям. Образцы для повторных испытаний можно брать из первичного или из нового контрольного соединения. Для химического анализа повторное испытание необходимо только для тех элементов, по которым выявлены несоответствия требованиям. В тех случаях, когда установлено, что заданные методики приготовления сварного соединения либо опытных образцов или же методики проведения испытаний не были выполнены, то такие испытания следует считать недействительными или такими, которые не соответствуют требованиям стандарта. Испытания следует повторить с соблюдением заданных методик. При этом правило, касающееся удвоения количества образцов для испытаний, не применяется.

Согласно ДСТУ ISO 2560:2004 условия поставки, типы, размеры электродов должны соответствовать требованиям ISO 544.

Ниже приведены международные стандарты, положения которых включены в состав требований ДСТУ ISO 2560:2004:

ISO 31–0:1992. Розмірність і одиниці вимірювань. Частина 0. Загальні принципи.

ДСТУ ISO 544:2004. Матеріали зварювальні. Технічні умови постачання зварювальних присадкових матеріалів. Типи, розміри, граничні відхилення і маркування.

ДСТУ ISO 2401:2006. Електроди покриті. Визначення продуктивності, переходу металу і коефіцієнту наплавлення.

ISO 3690:1977:1997. Зварювання і споріднені процеси. Визначення вмісту водню в металі шва під час дугового зварювання плавким електродом феритних сталей.

ДСТУ ISO 6847:2004. Матеріали зварювальні. Наплавлення валика металу шва для хімічного аналізування.

ISO 6947:1980. Зварні шви. Положення зварювання. Визначення кутів нахилу і повороту. (дивись ДСТУ 2092–92).

ISO 13916:1996. Зварювання. Настанови щодо вимірювання температури попереднього підігріву, температури між проходами і температури супутнього підігріву.

ISO 15792–1:2000. Матеріали зварювальні. Методи випробовування. Частина 1. Методи випробовування зразків наплавленого металу зі сталі, нікелю і нікелевих сплавів.

ISO 15792–3:2000. Матеріали зварювальні. Методи випробовування. Частина 3. Класифікаційні випробовування зварювальних матеріалів по положенню зварювання і провару кореня шва в куті з'єднання.

● #723

Особенности требований гармонизированного стандарта на сварочную проволоку для сварки в среде защитных газов

Н. А. Проценко, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Одним из условий вступления Украины во Всемирную торговую организацию (ВТО) является адаптация украинского технического законодательства к международным и европейским стандартам, а также разработка и внедрение процедур подтверждения соответствия с учетом европейской и международной практики. Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины активно проводит работы по гармонизации международных, европейских стандартов, касающихся сварочного производства, подготовке документации по оценке соответствия. В настоящее время некоторые гармонизированные международные стандарты уже вступили в действие в Украине.

Одним из таких уже действующих гармонизированных стандартов является стандарт ДСТУ ISO 14341:2004 (ISO 14341:2002, IDT) «Матеріали зварювальні. Електродні дроти та наплавлений метал для дугового зварювання у захисному газі плавким електродом нелегованих і дрібнозернистих сталей. Класифікація». Требования к поставке сварочной проволоки определены гармонизированным стандартом ДСТУ ISO 544:2004 (ISO 544:2003, IDT) «Матеріали зварювальні. Технічні умови постачання зварювальних присадних матеріалів. Тип продукції, розміри, допуски та маркування».

Сварочную проволоку сплошного сечения для сварки в среде защитных газов в настоящее время в Украине выпускают по ГОСТ 2246–70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия». Основными показателями качества проволоки по данному стандарту являются: предельные отклонения по диаметру и овальности, размеры мотков, качество поверхности. Такие показатели не могут полностью гарантировать стабильность сварочно-технологических свойств проволоки, механических свойств металла шва. Сравнительные данные по предельным отклонениям размеров проволоки приведены в таблице.

ДСТУ ISO 544:2004 в отличие от ГОСТ 2246–70 дополнительно определяет требования к «жесткости», подаваемости, сварочно-технологическим свойствам проволоки, размерам барабанов, катушек для намотки проволоки. ДСТУ ISO 14341:2004 в отличие от ГОСТ 2246–70 дополнительно определяет требования по пределам механических свойств наплавленного металла шва и используемого защитного газа.

ДСТУ ISO 14341:2004 классифицируют проволоку на две группы — А и В, в зависимости от ее химического состава и механических свойств металла шва на основании требований Европейских норм EN и

Таблица. Предельные отклонения размеров проволоки, мм

Номи- нальный диаметр	Предельные отклонения по диаметру		Предельные отклонения по овальности	
	ГОСТ 2246–70	ДСТУ ISO 544:2004	ГОСТ 2246–70	ДСТУ ISO 544:2004
0,3	–0,05	–	–0,025	Не допускается
0,5	–0,06	+0,01 –0,03	–0,03	
0,6	–		–	
0,8	–0,07	+0,01 –0,04	0,035	
0,9	–		–	
1,0	–0,09		–0,045	
1,2				
1,4				
1,5				
1,6	–0,12	+0,01 –0,04	–0,06	
1,8	–		–	
2,0	–0,12		–0,06	
2,4	–		–	
2,5	–0,12	+0,01 –0,07	–0,06	
2,8	–		–	
3,0	–0,12		–0,06	
3,2	–		–	
4,0	–0,16	–	–0,08	
5,0				
6,0				
8,0	–0,20		–0,10	
10,0	–0,24		–0,12	
12,0				

американских норм AWS. Группа А — классификация проволоки по пределу текучести и работе ударного разрушения наплавленного металла шва, равной 47 Дж, группа В — по временному сопротивлению разрыву и работе ударного разрушения, равной 27 Дж.

Пример условного обозначения проволоки по группе А:

ISO 14341–А–G 46 5 M G3Si1,

где ISO 14341 — номер стандарта;

А — классификация по пределу текучести и работе ударного разрушения 47 Дж;

G — электродная проволока и наплавленный металл, полученный этой проволокой; 46 — символ прочности и относительного удлинения (см. табл. 1А ДСТУ ISO 14341); 5 — символ среднего значения работы ударного разрушения при различной температуре (см. табл. 2 ДСТУ ISO 14341);

M — символ защитного газа (ДСТУ ISO 14175); G3Si1 — химический состав проволоки (см. табл. 3 ДСТУ ISO 14341).

Обозначение проволоки по группе В аналогично.

В связи с вступлением в действие гармонизированных международных стандартов ДСТУ ISO 544:2004, ДСТУ ISO 14341:2004 предприятиям, выпускающим сварочную проволоку, необходимо проанализировать свои технические возможности и наличие компетентного персонала для выполнения требований этих стандартов. Проверка сварочно-технологических свойств проволоки, сварка контрольных образцов требуют использования соответствующего оборудования для сварки в среде защитных газов, аттестованного персонала. Требования к сварщикам-операторам определены гармонизированным международным стандартом ДСТУ ISO 14732:2004 «Персонал зварювального виробництва. Випробування на підтвердження відповідності операторів-зварників при зварюванні плавленням і наладчиків контактної зварювання для механізованого і автоматичного зварювання металевих матеріалів».

● #724

Перечень гармонизированных стандартов на сварочные материалы, введенные в действие в Украине

Обозначение	Название
ДСТУ ISO 544:2004 (ISO 544:2003, IDT)	Матеріали зварювальні. Технічні умови постачання зварювальних присадних матеріалів. Тип продукції, розміри, допуски та маркування
ДСТУ ISO 2560:2004 (ISO 2560:2002, IDT)	Матеріали зварювальні. Покриті електроди для ручного дугового зварювання нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація
ДСТУ ISO 3581:2004 (ISO 3581:2003, IDT)	Матеріали зварювальні. Покриті електроди для ручного дугового зварювання неіржавких та жароміцних сталей. Класифікація
ДСТУ ISO 6847:2004 (ISO 6847:2004, IDT)	Матеріали зварювальні. Наплавлення валка металу шва для хімічного аналізування
ДСТУ ISO 14175:2004 (ISO 14175:1997, IDT)	Зварювальні матеріали. Захисні гази для дугового зварювання та різання
ДСТУ ISO 14341:2004 (ISO 14341:2002, IDT)	Матеріали зварювальні. Електродні дроти та наплавлений метал для дугового зварювання у захисному газі плавким електродом нелегованих і дрібнозернистих сталей. Класифікація
ДСТУ ISO 14372:2004 (ISO 14372:2000, IDT)	Матеріали зварювальні. Визначення вологотривкості електродів для ручного дугового зварювання вимірюванням дифузійного водню
ДСТУ ISO 17637:2003 (ISO 17637:2003, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Візуальний контроль з'єднань, виконаних зварюванням плавленням

Чтобы приобрести перечисленные стандарты, можно обратиться по следующим адресам:

- Магазин стандартов, Киев, ул. Фрунзе, 152, тел. **435-42-70**
- Укрметртестстандарт, Киев, ул. Красова, 7/1, тел. **452-06-84**
- ГРНТБ, Киев, ул. Горького, 180, тел. **259-00-79, 528-31-33**
- Госпотребстандарт, Киев, ул. Святошинская, 2, тел. **452-42-13**

Гигиеническая характеристика сварки покрытыми электродами

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Для специалистов в области сварки и охраны труда особый интерес представляют методы снижения уровня выделения сварочного аэрозоля (СА), базирующиеся на совершенствовании сварочных материалов (покрытых электродов, проволоки, флюсов и т. п.) за счет оптимизации их химического состава. Основой таких методов являются результаты сравнительной гигиенической оценки сварочных материалов. В данной статье изложен обзор результатов исследований гигиенических характеристик сварочных электродов с различными видами покрытий, выполненных специалистами ИЭС им. Е. О. Патона под руководством академика НАН Украины И. К. Походни.

Уровни выделений и химический состав СА при сварке покрытыми электродами определяются рядом факторов: содержанием в шлаковом расплаве, образующемся в результате плавления покрытия на торце электрода, химических элементов или соединений с высокой упругостью пара, характеристикой основности (кислотности) шлака, от которой зависит интенсивность

испарения отдельных его составляющих компонентов; окислительным потенциалом атмосферы дуги; диаметром электрода и режимом сварки (род и величина сварочного тока, напряжение дуги).

Результаты исследований уровней выделений СА, выполненных в разных странах, показывают, что наибольшие выделения аэрозоля характерны для электродов с целлюлозным покрытием (рисунк). За ними идут электроды с покрытием основного вида. Электроды с кислым, рутиловым и ильменитовым покрытием по уровню выделения СА различаются незначительно, а по сравнению с электродами с целлюлозным и основным покрытием характеризуются значительно меньшим выделением аэрозоля.

Высокий уровень выделений СА при сварке электродами с целлюлозным покрытием обусловлен большим количеством выделяемых газов: CO , CO_2 , H_2 , H_2O , которые образуются при сгорании органических составляющих целлюлозного покрытия; поступлением в расплавленную каплю на торце электрода углерода, образующегося в результате разложения целлюлозы в покрытии; усилением выделения СА из-за увеличения интенсивности взрыва жидких капель вследствие окисления углерода и образования CO .

При сварке электродами с основным покрытием высокий уровень выделения СА обусловлен наличием в покрытии летучих соединений фтора (CaF_2 , Na_2SiF_6) и высокой основностью шлаковой фазы, способствующей более интенсивному поступлению в СА соединений щелочных металлов. Большое содержание карбонатов (мрамора, мела, известняка, магнезита, доломита) в покрытии способствует сжатию дуги углекислым газом, образующимся при их разложении, что также приводит к повышению интенсивности выделения СА.

Анализ многочисленных данных о химическом составе СА показывает, что при сварке электродами с рутиловым, кислым и ильменитовым покрытием образуются СА, близкие по химическому составу. Основой

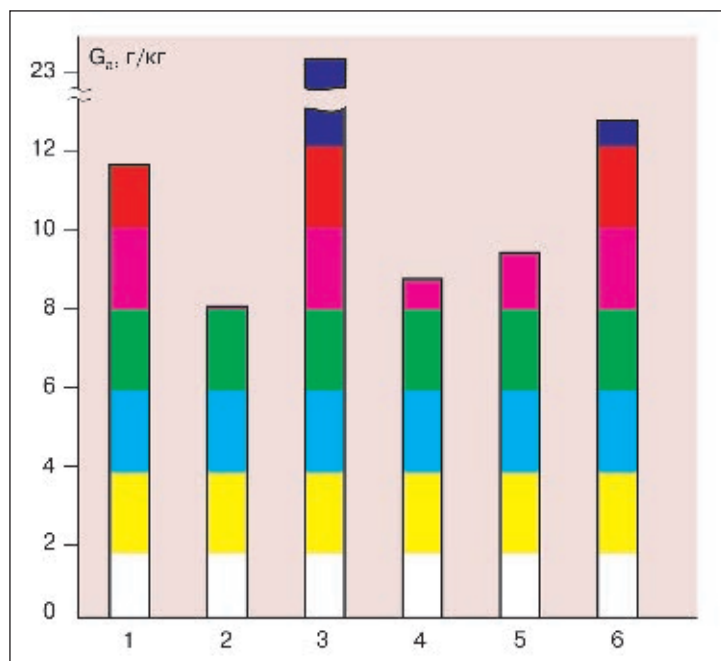


Рисунок. Удельные выделения сварочного аэрозоля G_a при сварке электродами с покрытиями: 1 — ильменитовое; 2 — рутил-карбонатное; 3 — целлюлозное; 4 — рутиловое; 5 — кислое с большим содержанием железного порошка; 6 — основное (диаметр электрода 5 мм, сила сварочного тока 230 А)

СА являются оксиды железа. Из шлаковой фазы в СА поступает главным образом SiO_2 (20–30%), K_2O (5–10%), Na_2O (6–10%). Содержание в СА соединений кальция, магния, алюминия и титана незначительно: 0,1–0,8% CaO ; 0,1–3% MgO ; 0,1–0,3% Al_2O_3 ; 0,1–2% TiO_2 . Содержание наиболее токсичной составляющей СА — соединений марганца — при сварке электродами общего назначения составляет 5–10%. Это является результатом ее испарения преимущественно из металлического расплава, в котором концентрация марганца при сварке электродами различных марок также изменяется в сравнительно узком интервале.

Состав СА, образующегося при сварке целлюлозными электродами, отличается от состава, который образуется при сварке рассмотренными выше электродами, лишь более высоким содержанием оксидов железа из-за некоторого снижения количества других составляющих.

Состав СА при сварке электродами с покрытием основного типа отличается наличием большого количества растворимых и нерастворимых фторидов (10–20 % в пересчете на фтор); более высоким по сравнению со сваркой кислыми, рутиловыми и целлюлозными электродами количеством соединений щелочных и щелочно-земельных металлов (6–25% Na_2O ; 5–30% K_2O ; 7–15% CaO ; 0–8% MgO , причем сумма $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ составляет 20–40%, а их соотношение определяется главным образом составом жидкого стекла как связующего); более низким содержанием оксидов кремния (4–12%) и железа (10–20% Fe_3O_4). Эти отличия обусловлены в первую очередь наличием фторидов в составе основного покрытия и высокой основностью образующихся при плавлении покрытия шлаков. Кроме того, при сварке электродами с покрытием основного типа наряду с фторидами в воздухе присутствуют также токсичные газообразные фториды (фтористый водород, тетрафторид кремния и т. п.). Содержание оксидов марганца в СА, образующемся при сварке электродами с основным покрытием, ниже, чем при сварке электродами других типов, и составляет обычно 3–5%. Это объясняется более низким содержанием ферромарганца в покрытии основного типа.

Наиболее вредными веществами, которые входят в состав СА, образующихся при сварке углеродистых и низколегированных сталей с покрытиями рутилового, кислого, ильменитового и целлюлозного типов,

являются марганец, а при использовании электродов с покрытием основного типа — соединения фтора (особенно газообразные). При сварке оцинкованных сталей в составе СА присутствуют токсичные соединения цинка. В процессе сварки легированных, в том числе нержавеющей сталей, в составе СА, кроме токсичных соединений марганца и фтора, появляются еще более токсичные соединения шестивалентного хрома и никеля с канцерогенными свойствами. Хром в составе СА присутствует в виде двух разных по токсичности соединений: в шестивалентном состоянии в виде хроматов и бихроматов натрия и калия (Na_2CrO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, K_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), которые образуются в результате взаимодействия хрома с соединениями калия и натрия из жидкого стекла, и в трехвалентном состоянии в виде Cr_2O_3 . В соответствии с ГОСТ 12.1.005–88, шестивалентный хром относится к первому, а трехвалентный — к третьему классу опасности. Таким образом, при сварке электродами хромоникелевых легированных сталей определяющим токсичным компонентом СА являются соединения шестивалентного хрома.

Основными токсичными компонентами СА, образующимися в процессе сварки цветных металлов (алюминия, меди и др.), являются их оксиды.

Одновременно с СА и газообразными соединениями фтора в зоне дуги могут образовываться такие вредные газы, как оксиды азота и монооксид углерода. ● #725

Испытательная лаборатория сварочных аэрозолей и средств защиты сварщиков

Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,
аккредитованная Госстандартом Украины в системе
УкрСЕПРО (аттестат аккредитации № UA 6.001.T 310),

выполняет следующие работы:

- сертификационные испытания сварочных материалов и технологий;
- сертификационные испытания защитных щитков и масок сварщиков;
- гигиеническая оценка сварочных материалов, способов сварки и родственных технологий;
- определение показателей уровней выделений вредных веществ, образующихся при сварочных процессах, с целью инвентаризации источников промышленных выбросов в атмосферу;
- подготовка раздела технических условий на сварочные материалы и технологии по требованиям безопасности и охране окружающей среды.

Обращаться по тел./ф. 287–12–77

E-mail: levchenko.o@paton.kiev.ua

Почтовый адрес: 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11

Инженеры путей сообщения Голубевы

Т. П. Мороз

Восемнадцатый век для России ознаменовался мощнейшей перестройкой не только в общественно-политической жизни, но и в экономике. Петр I в своем стремлении пробудить Россию от ее патриархального сна охотно принимал на «государеву службу» талантливых и энергичных иностранцев, основавших в России новые дворянские роды: Куракиных, Тенишевых, Перетцев, Голубевых, Патонов, Рерихов, Чичериных, Айвазовских и др. В число иностранцев вошли и военные, нанятые для несения сторожевой службы на оборонных линиях южных границ российской державы. В составе сербского гусарского полка прибыл в Россию офицер Петр Голубев, а в группе немецких военных был барон фон Патон.

Петр Голубев получил российское подданство и земельный надел на юге, где организовал поселение, названное селом Голубевка. В этом крае в 1747 г. известный металлург И. И. Морозов обнаружил запасы руды и соорудил первые доменные печи. Дальнейшее развитие угольной промышленности связано со строительством здесь в 1796 г. Луганского литейно-пушечного завода. В 1840 г. при Луганском заводе было создано ученое товарищество горных инженеров, которое не только способствовало развитию горного дела, но и открыло в Донбассе около 300 каменноугольных месторождений, среди которых: Голубевка (ныне г. Кировск), Петро-Марьинка, Шубинка и др.

Богатство разведанных месторождений юга России и нехватка инженерных кадров вынуждали «выписывать» буровых мастеров из-за границы. Верно оценив сложившуюся конъюнктуру рынка горнодобывающей промышленности и острый дефицит инженерных кадров на российском рынке, молодые Голубевы, потомки сербского офицера Голубева, избрали для себя профессию инженера.

Первым среди Голубевых сделал блестящую научную карьеру Александр Федорович Голубев (1832–1866 гг.). В 20 лет с отличием окончив Петербургский институт путей сообщения, он был направлен преподавать теоретическую механику в Технологический институт. Увлечшись геодезией и астрономией, окончил Николаевскую военную академию генерального штаба и там же защитил диссертацию по картографии. Принимал участие в экспедициях П. П. Семенова-Тяньшанского к Иссык-Кулю, в Западный Китай и Тянь-Шань. Вел дипломатическую переписку с Китаем. Занимался астрономическими исследованиями двойных звезд. За значительные научные открытия был награжден Малой Золотой Медалью Российского астрономического общества.

Наиболее яркой личностью в этой династии был Виктор Федорович Голубев (1842–1903 гг.). В двадцать лет он с отличием окончил Петербургский институт инженеров путей сообщений. Со студенческих лет до конца жизни дружил с однокурсниками: отцом и сыном Ераковыми и В. Н. Тенишевым. По окончании института В. Ф. Голубев несколько лет был на государственной службе в Главном товариществе Российских железных дорог, затем вместе с В. Н. Тенишевым был приглашен на работу знаменитым концессионером-миллионером П. И. Губониным (нефтепромышленником и основателем Волжско-Камского банка).

В начале 60-х годов XIX в. в России началось интенсивное сооружение железных дорог, которое достигло небывалых размеров с 1870 г., когда государство получило от Ротшильдов ссуду в 12 млн. фунтов на сооружение железных дорог и выделило около 17,75 млн. рублей «помощи на сооружение частных железных дорог». В это время начала зарождаться новая руководящая элита юга России: В. Ф. Голубев, А. Ауэрбах, фон Дитмар. Несмотря на засилие бельгийцев и немцев в отечественном железнодорожном деле, В. Ф. Голубев, В. Н. Тенишев, П. И. Губонин, В. А. Кокарев включились в конкурентную борьбу с иностранцами. Работая у П. И. Губонина, В. Ф. Голубев принимает участие в сооружении Московско-Курской, Орловско-Витебской, Балтийской железных дорог. Он лично выполнил работы на участке Мценск—Орел, соорудив четырехпролетный каменный виадук через Оку близ Орла.

Свыше трех лет В. Ф. Голубев проработал директором частных Орловско-Витебской и Орловско-Курской железных дорог и одновременно главным инженером на сооружении стратегической Уральской горнозаводской железной дороги. В акте приемки ее указано, что «по своей рациональности и законченности в мельчайших подробностях, учитывая крайне тяжелые топографические, геологические и климатические условия, Уральская железная дорога может быть признана образцом для будущих инженерных сооружений».

Вместе с П. И. Губониным и В. А. Кокаревым Виктор Федорович Голубев занимается строительством железных дорог и на юге России. В Донбассе он становится в один ряд с отечественными конкурентами знаменитому Джону Юзу. Наряду с решением чисто инженерных задач В. Ф. Голубев активно сотрудничает в Совете по железнодорожным делам Министерства путей сообщения, куда рекомендует молодого талантливого инженера Е. О. Пато-на. Одновременно В. Ф. Голубев был директором

российских трубопрокатных заводов, Рижского завода «Проводник», председателем правления Саратовской конки, им же сооруженной.

В целях снижения давления зарубежных фирм российские предприниматели-миллионеры занялись созданием отечественной тяжелой промышленности. В. Н. Тенишев, В. Ф. Голубев, П. И. Губонин, В. А. Кокарев и др. основали акционерное товарищество «Брянские рельсопрокатные заводы», и в 1873 г. В. Ф. Голубев вместе с П. И. Губониным начали строительство громадного отечественного завода в Брянской волости Орловской губернии. В 1879 г. В. Ф. Голубев выходит в отставку с государственной службы и занимается новым для себя делом — промышленным строительством. С 1884 г. они с П. И. Губониным начинают строительство в Украине еще одного крупного завода — Александровского металлургического вблизи Екатеринослава (ныне Днепропетровский завод им. Г. И. Петровского). Пуском в 1887 г. первой домны Брянского Александровского завода ознаменовалось начало металлургической промышленности Приднепровья. Директором Александровского завода был В. Ф. Голубев.

Брянское товарищество внесло существенный вклад в процесс создания отечественной железнорудной промышленности Юга России. Следом за знаменитым украинским помещиком А. Н. Полем в 1886–1888 гг. Брянское товарищество в районе нынешнего Кривого Рога заложило Александровский и Брянский рудники. Одновременно в районе Покровских копален (нынешний г. Орджоникидзе), где марганцевые руды выходили прямо на поверхность, в 1882 г. был открыт еще один рудник по добыче марганцевых руд. В конце XIX в. на реке Желтой (ныне г. Желтые Воды) ими также был открыт рудник по добыче железной руды.

В 1888 г. В. Ф. Голубев как представитель горнозаводской промышленности Министерства сельского хозяйства и государственной собственности пригласил в Украину профессора Д. И. Менделеева. Посетив Голубевский рудник, Д. И. Менделеев впервые увидел паровые подъемные машины и тут же предложил новый метод повышения теплотворной способности породы методом газификации.

Много сил и времени уделял В. Ф. Голубев меценатству, большие средства вкладывал в строительство отечественных учебных заведений. Он дал деньги на строительство КПИ в Киеве, в это же время они с П. И. Губониным занимались сооружением в Екатеринославле высшего горного училища (ныне Днепропетровский горный университет). В. Ф. Голубев перевел на русский язык и издал необходимые специалистам книги: «Паровозные заведения Борзига в Германии» и «Железные дороги в США». Кроме этого, он основал на Киевщине (с. Пархомовка) две профессионально-технические школы, постоянно финансировал многочисленные «благотворитель-

ные предприятия членов Ольденбургского дома», Покровскую общину сестер милосердия, Александровское товарищество Красного Креста, общество содействия бедным и дом защиты и ремесленного обучения бедных детей, Киевское губернское общество народной трезвости и др. На свои средства основал конкурсы молодых скрипачей и пианистов. Завещал 150 тысяч рублей на сооружение и содержание Дома творчества писателей, что было исполнено его сыном Л. В. Голубевым.

В 1902 г. В. Ф. Голубев отошел от дел и решил соорудить в селе Пархомовка храм Покрова Богородицы. Проект был заказан архитектору В. А. Покровскому, которому за этот проект присвоили звание академика. Строительные материалы и мрамор для облицовки храма заказывали в Италии. Украшение храма мозаиками Голубев заказал гимназическому товарищу младшего сына — Н. К. Рериху.

В феврале 1903 г. в Риме В. Ф. Голубев умер и был похоронен в Викторовском приделе строящегося пархомовского храма близ Киева.

Ученики и потомки Голубева, Патона, Кокарева и др. продолжили и умножили инженерное мастерство, сооружения великих путейцев действуют по сей день. Один из продолжателей традиций — автор настоящей статьи праправнучка В. Ф. Голубева Тамара Мороз после окончания сварочного факультета КПИ работала в ВИСПе, занималась проектированием железнодорожных вагонов и тяжелых платформ для Нижнетагильского Уралвагонзавода, проектированием сварочных цехов для Харцызского трубного и Выксы. Свыше 30 лет она отдала Институту электросварки, носящему имя Е. О. Патона. ● #726

ВНИМАНИЕ!



Продолжается
подписка-2007
на журнал «Сварщик».

Подписной индекс 22405 в каталоге «Укрпошта».

У МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ – 2006

МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ



**МЕТАЛО-
ОБРОБКА**

МЕТАЛОБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ,
ОБЛАДНАННЯ



**УКРІПЛАСТ
ТЕХ**

ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА І
ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКА



**ЗРАЗКИ, СТАНДАРТИ
ЕТАЛОНИ, ПРИЛАДИ**

КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ,
ЛАБОРАТОРНЕ ТА ВИРОБНИЧЕ
ОБЛАДНАННЯ, МЕТОДОЛІКІ, СЕРТИФІКАЦІЯ



УКРЗВАРИВАННЯ

ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ



**ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНЕ
СКЛАДСЬКЕ ОБЛАДНАННЯ**



**УКРМАШ
ТЕХ**

ПРОМИСЛОВІ ТЕХНОЛОГІЇ,
ОБЛАДНАННЯ



**УКРВТОР
ТЕХ**

КОПІЮЮЧА ТЕХНІКА,
ОБЛАДНАННЯ



**БЕЗПЕКА
ВИРОБНИЦТВА**

ЗАСОБИ ЗАХИСТУ,
БЕЗПЕКА РОБОТОЗДАТНОСТІ



**ГІДРАВЛІКА
ПНЕВМАТИКА**



**УКРПРОМ
АВТОМАТИКА**

ПРОМИСЛОВА АВТОМАТИЗАЦІЯ



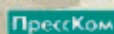
СУБКОНТРАКТИ

РОЗВИДЕННЯ ЗАКЛЮЧЕННЯ ПРО КООПЕРАЦІЮ

Генеральні
інформаційні партнери:



Технічний партнер:



ufi
Approved
Event



28 - 1

ОРГАНІЗАТОРИ:

Міністерство промислової політики України
ТОВ "Міжнародний виставковий центр"
Українська Національна Компанія
"Укрверстатойнструмент"

**листопада грудня
2006 р.**



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

**МІЖНАРОДНИЙ
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**
Україна, Київ, Броварський пр-т, 15
М "Лівобережна"

Інформаційна підтримка:



HB	HV	HRC_9	HRB	HS	$\sigma_B, \text{ МПа}$
95	95	—	56	—	344
97	97	—	57	—	351
99	99	—	59	—	358
101	101	—	60	—	365
103	103	—	61	—	372
105	105	—	62	—	379
107	107	—	64	—	386
109	109	—	65	—	393
112	112	—	66	—	407
114	114	—	67	—	414
116	116	—	68	—	421
118	118	—	69	—	428
121	121	—	70	—	435
124	124	—	71	—	442
126	126	—	72	—	449
128	128	—	73	20	457
131	131	—	74	20	464
134	134	—	76	21	478
137	137	—	77	21	492
140	140	—	78	21	499
143	143	—	79	22	506
146	146	—	80	22	520
149	149	—	81	23	527
153	153	—	82	23	534
156	156	1	83	24	548
159	159	2	84	24	562
163	163	3	85	25	576
166	166	4	86	25	583
170	170	6	87	26	597
174	174	7	88	26	611
179	179	8	89	27	625
183	183	9	90	27	639
187	187	10	91	28	653
192	192	12	92	28	667
197	197	13	93	29	682
202	202	15	94	30	696
207	207	16	95	30	710
212	212	17	96	31	731
217	217	18	96	31	752
223	223	20	97	32	773
229	229	21	98	33	794
235	235	22	99	34	815
241	241	23	100	35	836
248	248	24	102	36	857
255	256	25	102	37	878

<i>HB</i>	<i>HV</i>	<i>HRC₉</i>	<i>HRB</i>	<i>HS</i>	σ_B , МПа
262	263	26	103	37	899
269	270	28	104	38	921
277	279	29	104	39	942
285	287	30	105	40	970
293	296	31	106	42	998
302	305	32	107	43	1026
311	316	33	108	44	1054
321	327	34	108	45	1089
331	339	35	109	46	1124
341	350	36	109	48	1160
352	363	37	110	49	1195
363	375	38	110	51	1237
375	389	40	112	52	1279
388	404	41	112	54	1328
401	420	42	113	55	1378
415	437	44	114	57	1434
429	454	45	115	59	1490
444	472	46	115	61	1546
461	494	47	116	63	1610
477	515	49	117	65	1673
495	540	50	117	67	1736
514	567	52	119	70	1799
534	598	53	119	72	1870
555	633	55	120	75	1940
578	675	57	—	78	2017
601	717	58	—	81	2095
627	765	60	—	84	2186
653	820	62	—	87	2278
682	885	64	—	91	2369
712	960	66	—	95	2474
745	1050	68	—	100	2587
780	1150	70	—	106	2699
817	—	—	—	—	2819
857	—	—	—	—	2953
898	—	—	—	—	3093

1. Твердость по Бринелю *HB* определяют методом давления шарика на исследуемую поверхность:

$$HB = P / 0,5D [D - \sqrt{D^2 - d^2}],$$

где *P* — сила нагружения; *D* — диаметр шарика; *d* — диаметр отпечатка.

2. Твердость по Виккерсу *HV* определяют методом давления на исследуемую поверхность алмазной пирамидки с углом при вершине 136°:

$$HV = 1,854 P'D^{-2},$$

где *P'* — сила переменного нагружения; *D* — длина диагонали отпечатка.

3. Твердость по Роквеллу *HRC₉* или *HRB* находят как разность между глубиной отпечатков на исследуемой поверхности, полученных двумя последовательными нагружениями алмазом или шариком.

4. Твердость по Шору *HS* рассчитывают по высоте подскока калиброванного молоточка от исследуемой поверхности.

5. Сопротивление σ_B (сила разрыва образца, отнесенная к площади его первоначального сечения) определяют по пробе на растяжение.

Тарифы на рекламу

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Грн.*	EUR**
1 полоса	180×254	2910	450
1/2 полосы	180×125	1620	250
1/4	88×125	840	130

На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Грн.*	EUR**
4 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	4500	700
2		3900	600
3		3600	550

На страницах внутренней обложки

Страница	Размер, мм	Грн.*	EUR**
1 и 4	210×295	3600	550
2 и 3		3240	500

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

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

Изготовление оригинал-макета –

10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы –

50% стоимости рекламной площади

Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
• Скидка	5%	10%	15%	20%	25%

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.

Черно-белые: TIF grayscale не менее 300 dpi для фото-изображений, EPS Illustrator for PC от 5 версии, include placed images (EPS-файлы placed images отдельно, текст в кривых), или CorelDraw 9 – 10, текст в кривых.

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

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

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

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».**

667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678
679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690
691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702
703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714
715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726
727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738
739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2006 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 _____

на специализированную литературу
издательства «Экотехнология»

Название книги	Цена (грн.)
Г. И. Лашенко. Плазменная резка металлов и сплавов. 2003. — 64 с.	12
Г. И. Лашенко. Вибрационная обработка сварных конструкций. 2001. — 56 с.	12
Г. И. Лашенко. Плазменное упрочнение и напыление. 2003. — 64 с.	12
В. М. Бернадський, О. С. Осика, Л. О. Симоненко, Л. С. Філоненко. Російсько-український словник зварювальної термінології. Українсько-російський словник зварювальної термінології. 2001. — 224 с.	30
В. М. Бернадський, О. К. Маковецька, Л. С. Філоненко, Б. В. Юрлов. Вчені і фахівці України в галузі зварювання і споріднених технологій. Довідник. 2002. — 144 с.	18
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с.	24
И. А. Рябцев. Наплавка деталей машин и механизмов. 2004. — 160 с.	20
В. Я. Кононенко. Технологии подводной сварки и резки. 2004. — 136 с.	40
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с.	60
О. С. Осика, Н. Г. Хоменко, Л. С. Філоненко, Л. О. Симоненко. Англо-український словник зварювальної термінології. 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.	50
С. Т. Римский. Руководство по технологии механизированной сварки в защитных газах. 2006. — 60 с.	20
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с.	60
А. Я. Ищенко, Т. М. Лабур, В. Н. Бернадский, О. К. Маковецкая. Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. илл.	30

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, 62 или по факсу: **(044) 287-6502.**

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

Открыта подписка-2006 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 «САММІТ»	(044) 537-97-44
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кременчуг	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
	ООО «САММІТ-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 «САММІТ-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
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
	ООО «Ноу Хау»	(0512) 47-20-03
	ООО «САММІТ-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 «САММІТ-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
Харьков	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
	АОЗТ «САММІТ –Харьков»	(0572) 14-22-61
	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
Херсон	ДПЗАО «Блиц-Информ»	(0552) 26-36-49
Хмельницкий	ЗАО «Блиц-Информ»	(0382) 79-24-23
	ВКП «Фактор-Запад»	(0382) 70-20-93
Черкассы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0472) 47-05-51
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(03722) 2-00-72
Чернигов	ЗАО «Блиц-Информ»	(04622) 4-41-61