

# ABIPLAS<sup>®</sup> CUT

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ  
ПЛАЗМОТРОНОВ  
ОТ ABICOR BINZEL<sup>®</sup>



## УСТАНОВКИ ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ JÄCKLE, ГЕРМАНИЯ

	Plasma 33H	Plasma 60	Plasma 70S	Plasma 110i (MT)	Plasma 120S (MT)	Plasma 160 (MT)	Power Plasma 2 (MT)
Питательное напряжение, 3-х фазное	50 Hz, 400 V	50/60 Hz, 400 V	50/60 Hz, 400 V	50 Hz, 400 V	50/60 Hz, 400 V	50/60 Hz, 400 V	50 Hz, 400 V
Макс. потребляемая мощность	5,5 kVa	18 kVa	19 kVa	20 kVa	32 kVa	30 kVa	45 kVa
Предохранитель	10 А, инертное	20 А, инертное	20 А, инертное	32 А, инертное	32 А, инертное	50 А, инертное	63 А, инертное
cos phi				0,99	0,85	0,85	
Диапазон плавления (рез ускорения)	—	60 А	70 А	20 – 100 А	20 – 120 А	20 – 100 А	20 – 210 А
Макс. температура холостого хода	230 V	290 V	250 V	250 V	250 V	345 V	345 V
Продолжительность включения (20°C)	60%	30 А	60 А / 104 V	70 А / 110 V	110 А / 120 V	120 А / 130 V	160 А / 144 V
	100%			50 А / 100 V	70 А / 108 V	90 А / 120 V	130 А / 132 V
Макс. толщина реза: качественный рез	7 мм	15 мм	20 мм	25 мм	35 мм	45 мм	60 мм
	разделительный рез	10 мм	20 мм	25 мм	35 мм	55 мм	75 мм
Вид защиты	IP 22	IP 22	IP 22	IP 23	IP 22	IP 22	IP 23
Класс изоляции	II (180°C)	II (180°C)	II (180°C)	Г (155°C)	II (180°C)	II (180°C)	II (180°C)
Вид охлаждения	-	-	-	-	Г	Г	Г
Вес	30 кг	75 кг	95 кг	29 кг	150 кг	150 кг	366 кг
Габариты	350x230x350	480x270x920	530x210x810	110x285x185	800x500x890	800x500x890	1020x575x1070
Подача сжатого воздуха (зависит от типа резака)	5...10 бар 10 л/мин	5...10 бар 80-210 л/мин	5...10 бар 80-210 л/мин	5,5 бар 180 л/мин	6...10 бар 110-230 л/мин	6...10 бар 110-230 л/мин	5,5 бара 40 л/мин

MT – установки адаптированы под портальную резку (CNC-интерфейс)  
Все установки комплектуются плазменными резаками ABIPLAS<sup>®</sup> CUT

в комплекте:  
- блок питания,  
- блок охлаждения



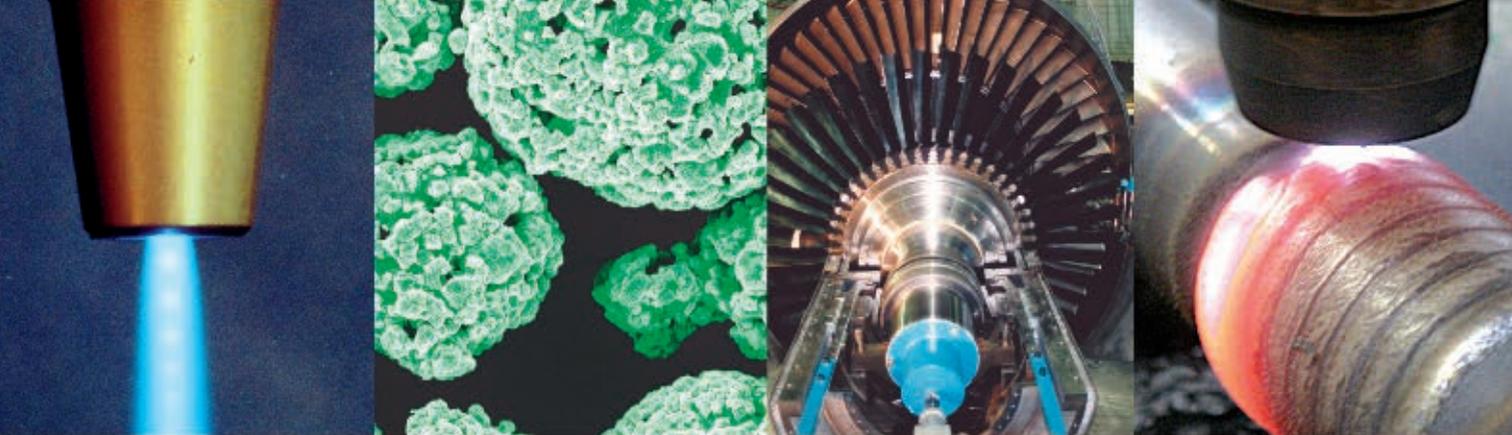
**ABICOR  
BINZEL<sup>®</sup>**

**IBG  
GROUP**

ПНІ Бинцель Україна ГмБХ – підприємство групи ABICOR  
Тел./факс: +38 (044) 403 1299; Інтернет: www.binzel-abicor.com  
403 1399; 403 1499; 403 1599 E-mail: info@binzel.siev.ua

поставка в регіони через сеть офіціальних  
і регіональних дистрибуторів

**Technology for the Welder's World**



Materials | Development | Solutions

# Материалы для газотермического напыления и наплавки

## **AMPERIT®**

Порошки для газотермического напыления

Карбиды

оксиды

металлы

сплавы

MCrAlY

- > Авиация
- > энергетика
- > автомобилестроение
- > нефтегазовая промышленность
- > целлюлозно-бумажная промышленность
- > типография
- > машиностроение
- > металлургия

## **AMPERWELD®**

Порошки для наплавки и сварки

Чистые металлы

Металлические карбиды

Распылённые порошки

- > Производство прутков для сварки
- > Плазменная наплавка и лазерная сварка
- > Износостойкие и коррозионностойкие покрытия

**H.C. Starck GmbH**  
79721 Laufenburg  
Германия  
Тел. +49 7763 82-116  
Факс +49 7763 82-333  
liliya.napora  
@hcstarck.com

[www.amperit.info](http://www.amperit.info)  
[www.hcstarck.com](http://www.hcstarck.com)

**H.C. Starck**   
Empowering High Tech Materials



2 (60) 2008

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

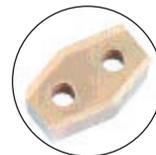
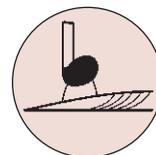
информационно-технический журнал  
**Сварщик**®

Технологии  
Производство  
Сервис

**2-2008**

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>Журналу «Сварщик» — 10 лет</b> .....	<b>3</b>
	<b>Новости техники и технологий</b> .....	<b>5</b>
	<b>Производственный опыт</b>	
	Электролитно-плазменное упрочнение шеек валов в подшипниках скольжения. <i>Ю. Н. Тюрин, Н. И. Гарькавый, С. И. Головенко, И. М. Дуда.</i> .....	<b>6</b>
	Восстановление дуговой наплавкой под флюсом штоков и плунжеров шахтных гидрокрепей. <i>Ю. М. Кусков, И. А. Рябцев, Ю. В. Демченко, А. М. Денисенко.</i> .....	<b>13</b>
	<b>Наши консультации</b> .....	<b>16</b>
	<b>Технологии и оборудование</b>	
	Особенности сварки плавящимся электродом коротких швов в защитных газах. <i>А. Г. Потатьевский.</i> .....	<b>20</b>
	Свойства соединений дуплексной нержавеющей стали SAF 2205, выполненных электронно-лучевой сваркой. <i>Zita Izdinska, Frantisek Kolenic.</i> .....	<b>26</b>
	Электротермические установки сопротивления типа ST. <i>П. М. Корольков.</i> .....	<b>33</b>
	Стационарные станки для подготовки кольцевых кромок металлических труб. <i>А. А. Кайдалов.</i> .....	<b>36</b>
	<b>Охрана труда</b>	
	Проблемы электромагнитной безопасности. <i>О. Г. Левченко, В. К. Левчук.</i> .....	<b>44</b>
	<b>Сертификация и качество</b>	
	Состояние нормативно-технической документации по ремонтной сварке в энергетике. <i>А. Е. Анохов.</i> .....	<b>50</b>
	Фирма «ПлазмаТек» получила сертификат соответствия нормам PN-EN ISO 2560:2006 на электроды АНО-36. <i>Jerzy Niagaj.</i> .....	<b>53</b>
	Календарь выставок на 2008 г. ....	<b>57</b>
	Как подготовить статью к публикации. ....	<b>58</b>



Журналу «Сварщик» — 10 років .....	3
Новини техніки й технологій .....	5
<b>Виробничий досвід</b>	
• Електролітно-плазмове зміцнення шийок валів у підшипниках ковзання. <i>Ю. М. Тюрін, Н. І. Гарькавий, С. І. Головенко, І. М. Дуда</i> ..	6
• Відновлення дуговим наплавленням під флюсом штоків і плунжерів шахтних гідрокріплень. <i>Ю. М. Кусков, І. О. Рябцев, Ю. В. Демченко, А. М. Денисенко</i> ..	13
<b>Наші консультації</b> .....	16
<b>Технології й устаткування</b>	
• Особливості зварювання електродом, що плавиться, коротких швів у захисних газах. <i>А. Г. Потасьєвський</i> .....	20
• Властивості з'єднань дуплексної нержавіючої сталі SAF 2205, виконаних електронно-променевим зварюванням. <i>Zita Izdinska, Frantisek Kolenic</i> .....	26
• Електротермічні установки опору типу ST. <i>П. М. Корольков</i> .....	33
• Стационарні верстати для підготовки кільцевих крайок металевих труб. <i>А. А. Кайдалов</i> .....	36
<b>Охорона праці</b>	
• Проблеми електромагнітної безпеки. <i>О. Г. Левченко, В. К. Левчук</i> .....	44
<b>Сертифікація і якість</b>	
• Стан нормативно-технічної документації щодо ремонтного зварювання в енергетиці. <i>А. Є. Анохов</i> .....	50
• Фірма «ПлазмаТек» одержала сертифікат відповідності нормам PN-EN ISO 2560:2006 на електроди АНО-36. <i>Jerzy Niagaj</i> .....	53
• Календар виставок на 2008 р. ....	57
• Як підготувати статтю до публікації .....	58

## ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА—2008 на журнал «Сварщик»

Подписной индекс **22405** в каталоге «Укрпошта»

### CONTENT

Magazine «Welder»— 10 years .....	3
News of technique and technologies .....	5
<b>Industrial experience</b>	
• Electrolytic-plasma hardening of shaft necks in sliding bearings. <i>Yu. N. Tyurin, N. I. Gar'kaviy, S. I. Golovenko, I. M. Duda</i> .....	6
• Restoration by arc cladding under flux of rods and plungers of mining hydroshafts. <i>Yu. M. Kuskov, I. A. Ryabtsev, Yu. V. Demchenko, A. M. Denisenko</i> .....	13
<b>Our consultations</b> .....	16
<b>Technologies and equipment</b>	
• Features of consumable electrode welding of short welds in protective gases. <i>A. G. Potap'evskiy</i> .....	20
• Properties of joints of duplex stainless steel SAF 2205, executed by electron beam welding. <i>Zita Izdinska, Frantisek Kolenic</i> .....	26
• Electrothermal installations of resistance of ST type. <i>P. M. Korol'kov</i> .....	33
• Stationary machine tools for preparation of ring edges of metal pipes. <i>A. A. Kaydalov</i> .....	36
<b>Labor protection</b>	
• Problems of electromagnetic safety. <i>O. G. Levchenko, V. K. Levchuk</i> .....	44
<b>Certification and quality</b>	
• Condition of normative technical documentation on repair welding in energetics. <i>A. E. Anokhov</i> .....	50
• The firm «PlasmaTech» has received the certificate of conformity to norms PN-EN ISO 2560:2006 on electrodes ANO-36. <i>Jerzy Niagaj</i> ..	53
• Calendar of exhibitions on 2008 .....	57
• How to prepare an article for the publication .....	58

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

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

**Издатель** ООО «Экотехнология»

**Издание журнала поддерживают**



Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»

Журнал издается при содействии UNIDO

**Главный редактор** К. А. Ющенко  
**Зам. главного редактора** Б. В. Юрлов, Е. К. Доброхотова  
**Редакционная коллегия** В. В. Андреев, В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко, П. П. Проценко, И. А. Рябцев

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

**Редакция** Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина  
**Маркетинг и реклама** В. Г. Абрамишвили, Ю. Б. Иванова

**Верстка** Т. Д. Пашигорова, О. А. Трофимец

**Адрес редакции** 03150 Киев, ул. Горького, 66

**Телефон** +380 44 528 3523, 529 8651

**Тел./факс** +380 44 287 6502

**E-mail** welder@welder.kiev.ua

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

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

**Представительство в России** Москва, ООО «Центр трансфера технологий»  
Анита Анатольевна Фокина  
+7 495 626 0905, 626 0347  
e-mail: ctt94@mail.ru

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

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

**Представительство в Болгарии** София, Стоян Томанов  
+359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)  
e-mail: evertood@mail.bg  
ООД «Еверт—КТМ»

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

Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала. При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 04.04.2008. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Гарнитура PetersburgС. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.

Зак. № 04/04 от 04.04.2008. Тираж 3000 экз.

Печать: издательство «Аврора Принт», 2008.

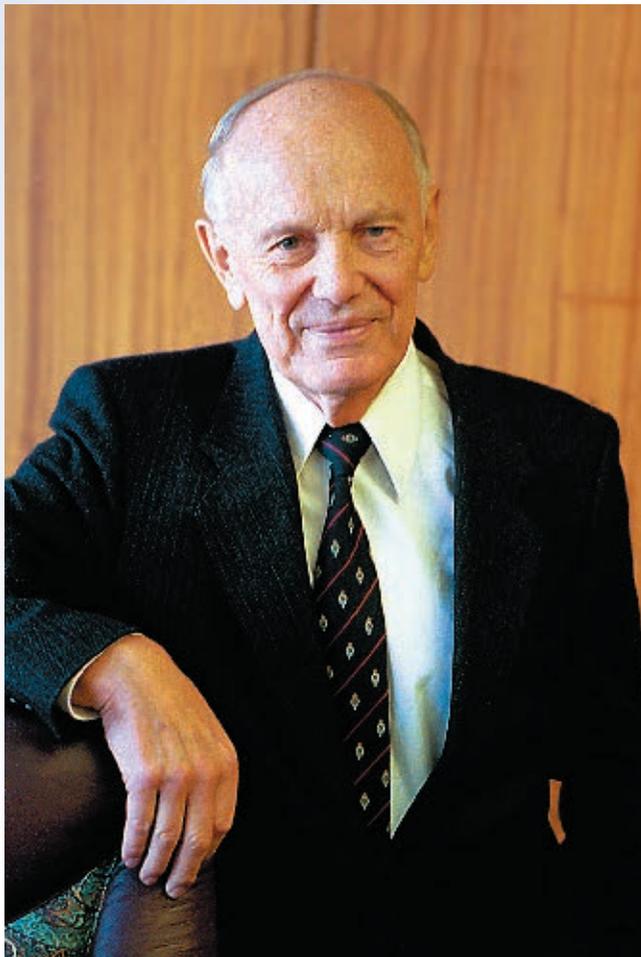
02081 Киев, ул. Причальная, 5. Тел./ф. (044) 502-61-31.

© ООО «Экотехнология», 2008

## **Уважаемые коллеги!**

*Вы держите в руках шестидесятый номер информационно-технического журнала «Сварщик», знаменующий собой первое 10-летие с момента начала выхода в свет этого издания. Горячо поздравляю с этим событием издателя, редколлегию, редакционный совет, коллектив редакции, авторов и читателей журнала!*

*Высокая требовательность и профессиональный подход к отбору публикуемых материалов, корректное отношение к авторам, умение донести до читателей самые полезные знания и опыт, рассказать о новейших научно-технических достижениях исследователей, разработчиков и производителей сделали журнал «Сварщик» надежным и авторитетным источником актуальных и практических сведений для специалистов сварочного производства в условиях рыночной экономики.*



*Каждый номер «Сварщика» становится «настольной книгой» широкого круга работников технических, организационно-экономических, маркетинговых и логистических подразделений промышленных предприятий и строительных организаций.*

*О росте популярности журнала свидетельствует также расширение географии его распространения. С 2003 г. в Минске начато издание журнала «Сварщик в Белоруссии», а с 2006 г. в Москве выпускается «Сварщик в России». Журнал хорошо известен и пользуется спросом в Болгарии, Латвии, Литве, Польше, Словакии, Словении. Тем самым укрепляется единое международное информационное пространство специалистов сварочного дела.*

*От всей души желаю журналу «Сварщик» неуклонного роста востребованности отечественными и зарубежными читателями, плодотворной деятельности и дальнейшего процветания, а его творцам — удачи и успехов в работе, крепкого здоровья, благосостояния и счастливой жизни.*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Патон' (Paton).

**Б. Е. Патон**  
Директор ИЭС им. Е. О. Патона  
НАН Украины,  
академик



**Уважаемый коллега!**

Прошло 10 лет с тех пор, как Вы впервые взяли в руки журнал «Сварщик». Прошедшие годы были связаны с напряженным созидательным трудом организаторов и издателей журнала, стремящихся сделать его лучше как по содержанию, так и по оформлению.

От имени Общества сварщиков Украины горячо поздравляю с этим событием учредителей, редколлегию, редакционный совет, коллектив редакции, авторов и читателей журнала.

Учитывая экономическое положение страны 10 лет назад, организация издания нового технического журнала была достаточно смелым шагом. Сегодня мы видим, что он был оправдан.

Технический уровень практически всех отраслей промышленности во многом определяется состоянием сварочного производства, так как сварка является основным технологическим процессом при изготовлении большинства машин и механизмов, строительных и транспортных конструкций, используемых человеком в своей деятельности.

Именно журнал «Сварщик» своей рубрикой «Новости техники и технологии» взял на себя миссию доведения до конкретных производителей новейших технологических решений в области сварки и родственных технологий.

Одновременно с этим большой заслугой журнала является организация рубрики ответов на конкретные вопросы читателей.

Все это позволяет журналу пользоваться большой популярностью среди специалистов не только в Украине, но и за ее рубежами. С 2003 г. журнал издается в Белоруссии, а с 2006 г. — в России.

От всей души желаю коллективу, обеспечивающему издание журнала «Сварщик», его издателю доброго здоровья, удачи, успехов в жизни.

**В. Г. Фартушный**, президент Общества сварщиков Украины

**Кононов Н. М.**, главный сварщик ОАО «Днепровагонмаш», председатель Днепропетровского областного отделения Общества сварщиков Украины:

— Регулярно читаю журнал «Сварщик». Для меня он прекрасный информационный ориентир в мире сварки. Каждый номер этого издания представляет интересные разработки, ценный опыт работы предприятий. Выражаю благодарность издательскому коллективу за их работу и от всей души поздравляю с юбилеем.

**Отроков В. В.**, начальник Управления главного сварщика СМНПО им. Фрунзе, **Локтионов М. А.**, председатель Сумского областного отделения Общества сварщиков Украины:

— Сердечно поздравляем коллектив журнала с его праздником. 60 номеров за 10 лет — это отличный результат. За это время «Сварщик» не только стал надежным источником информации по вопросам сварки, но и подтвердил ее важность и востребованность. Бесспорно, он внес свой вклад в развитие сварочного производства и, надеемся, еще много лет будет продолжать начатое 10 лет назад.

**Дегтярь В. И.**, директор НПЦ «Сварка и восстановление деталей» УкрНИИМФ, председатель Одесского областного отделения Общества сварщиков Украины:

— Сегодня журнал «Сварщик» дает читателю полезную и интересную информацию о том, что происходит на промышленных предприятиях, чем занимаются разработчики и что предлагает рынок сварочной техники и материалов. Каждый год издание привлекает все больше читателей и совершенствуется. Прогресс в развитии журнала очевиден. Мы рады за коллектив и присоединяемся к многочисленным поздравлениям. С 10-летием, «Сварщик»!

**Бутенко Ю. В.**, главный сварщик ГП «Научно-производственный комплекс газотурбостроения «Зоря»—«Машпроект», председатель комиссии по качеству в сварочном производстве Общества сварщиков Украины:

— Журнал «Сварщик» — это лучший источник важной практической информации для инженеров и техников сварочного производства. Могу сказать, что коллектив, создающий журнал, является соучастником в деле развития сварки на нашем предприятии. Считаю, что за прошедшие 10 лет «Сварщик» стал лидером в Восточной Европе по разносторонности и качеству публикуемых материалов о передовых промышленных технологиях, материалах и оборудовании для сварки. Желаю и в дальнейшем не сдавать лидерских позиций!

**Павленко Г. С.**, генеральный директор ОАО «Фирма СЭЛМА», председатель Крымского регионального отделения Общества сварщиков Украины:

— От имени ОАО «Фирма СЭЛМА» поздравляем редколлегию, редакционный совет и редакцию журнала «Сварщик» со славным юбилеем. Мы высоко ценим труд всего творческого коллектива, зарекомендовавшего себя профессиональным проводником в мире сварки.

**Высоколян Н. В.**, главный сварщик ОАО «Крюковский вагоностроительный завод», председатель Полтавского областного отделения Общества сварщиков Украины:

— Поздравляем наш «Сварщик» с 10-летием! За такой небольшой срок он смог значительно преобразиться: твердо встать на ноги, наполниться новым содержанием и из скромного издания превратиться в красочный и привлекательный журнал. Желаем не сбавлять темпы.



## DW-309MoL и DW-309MoLP — новая порошковая проволока фирмы Kobelco для сварки разнородных металлов

Фирма Kobelco (Япония) выпускает специальную порошковую проволоку DW-309MoL и DW-309MoLP, незаменимую при сварке разнородных соединений из молибденосодержащих аустенитных сталей (316L и 317L), двуслойных нержавеющей сталей, углеродистых и низколегированных сталей.

DW-309MoL и DW-309MoLP по классификации AWS — соответственно A5.22 E309LMoT0-1/-4 и E309LMoT1-1/-4. Как видно из классификации AWS, первая подходит для сварки в нижнем положении и горизонтальном углом, а вторая — для более сложных положений. Обеими прово-

локами можно выполнять сварку в среде CO<sub>2</sub>, и в смеси 75–80% Ar, 20–25% CO<sub>2</sub> (табл. 1 и 2).

Как и порошковая проволока рутилового типа для углеродистых сталей, новая проволока обладает отличными сварочно-технологическими свойствами: стабильное горение дуги, низкое разбрызгивание, самоотделяющийся шлак, равномерное сечение валика, гладкая поверхность валика. В табл. 3 приведен пример режимов сварки углеродистой стали, плакированной нержавеющей сталью 317, а на рисунке — последовательность проходов.

**Таблица 1. Типичный химический состав металла, наплавленного проволокой DW-309MoL и DW-309MoLP в среде CO<sub>2</sub>**

Химический состав металла, %	DW-309MoL	DW-309MoLP
C	0,027	0,025
Si	0,61	0,62
Mn	1,18	0,81
P	0,019	0,020
S	0,009	0,010
Ni	12,60	12,44
Cr	23,20	22,60
Mo	2,37	2,21

**Таблица 2. Типичные механические свойства металла, наплавленного проволокой DW-309MoL и DW-309MoLP**

Показатель	DW-309MoL	DW-309MoLP
Содержание феррита по диаграмме Шеффлера, %	18,0	17,1
Предел текучести, МПа	540	540
Предел прочности, МПа	720	699
Относительное удлинение, %	30	30

**Таблица 3. Режим односторонней сварки углеродистой стали, плакированной нержавеющей сталью 317L, с помощью проволоки DW-309MoL, DW-309MoLP и подкладки FBB-3**

Номер прохода	Присадочный металл	Диаметр проволоки, мм	Положение сварки	Сила сварочного тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, см/мин
1	DW-100	1,2	Нижнее	200	24	15
2	DW-100			280	30	25
3	DW-309MoL			180	26	43
4				190	28	30
5	DW-317L			190	28	14

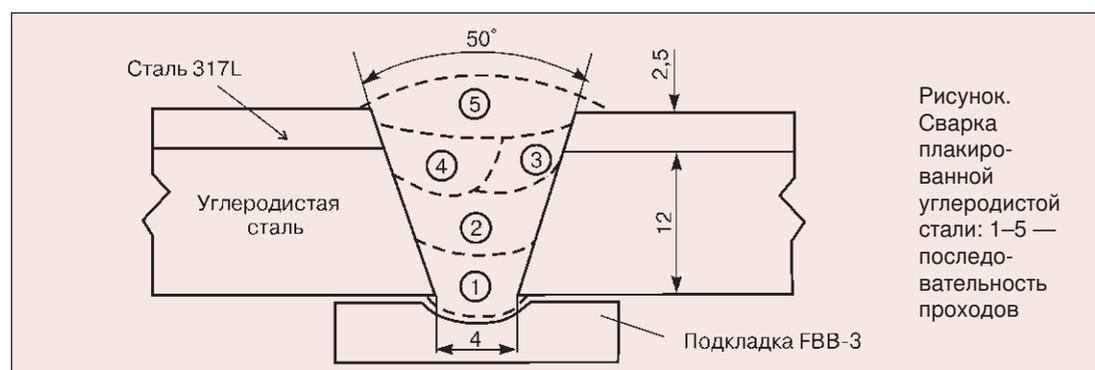


Рисунок. Сварка плакированной углеродистой стали: 1–5 — последовательность проходов



# Электролитно-плазменное упрочнение шеек валов в подшипниках скольжения

Ю. Н. Тюрин, д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона,  
Н. И. Гарькавый, АООТ «Первомайскдизельмаш» (Первомайск),  
С. И. Головенко, И. М. Дуда, Институт электросварки им. Е. О. Патона

В машиностроении широко используют подшипники скольжения, цапфы (вкладыши) которых выполнены из антифрикционных материалов и опираются на цилиндрическую поверхность вала. Традиционно поверхности вала выполняют гладкими, с низкой шероховатостью. Валы нагревают в печах, поверхности вала азотируют. Технологические операции: азотирование, защита поверхности от азотирования, очистка, длительный нагрев, отпуск — весьма трудоемки, энергоемки и экологически небезопасны.

Известно, что наиболее нагружены подшипники при небольших скоростях, когда на изнашиваемой поверхности отсутствует разделительный смазочный слой и имеет место непосредственный контакт поверхностей шейки вала и вкладыша. Это предъявляет высокие требования к антифрикционным свойствам как поверхностей вкладыша подшипника, так и шейки вала.

Эти проблемы весьма актуальны для изготовителей мощных дизельных машин, где в качестве опор коленчатых валов дизелей используют подшипники скольжения.

Специалисты института электросварки им. Е. О. Патона и АООТ «Первомайскдизельмаш» разработали и внедрили электролитно-плазменную технологию упрочнения шеек коленчатых валов для дизельных машин. По этой технологии на рабочей поверхности шейки вала создают твердые участки шириной 25 мм, которые чередуются с мягкими участками поверхности (рис. 1).

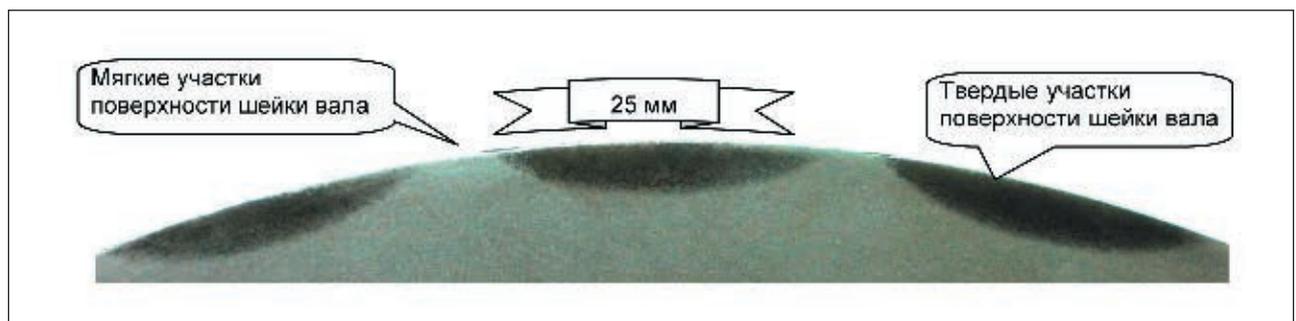
Твердые участки поверхности имеют микрокристаллическую структуру с плав-

ным переходом к структуре основного металла (рис. 2). Твердость упрочненного участка поверхности 55–60 HRC<sub>3</sub>, толщина упрочненного слоя до 5 мм.

Твердые участки обрабатываются хуже, чем мягкие, что после абразивной обработки обеспечивает формирование специального рельефа (см. рис. 1), состоящего из твердых, износостойких выступов и впадин (шероховатость до Rz = 15 мкм при ширине В = 20...25 мм). Впадины рельефа заполняются смазкой, которая разделяет поверхности трения и в начале движения затягивается в нагруженную зону подшипника. Боковые стенки впадины рельефа играют роль гидродинамических клиньев, нагрузка на которые зависит, в основном, от вязкости смазочной жидкости, скорости скольжения и угла подъема гидродинамического клина. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что толщина смазочного слоя над вершиной рельефа может быть от 10 до 20 мкм и зависит от рельефа и скорости скольжения. Специальный рельеф обеспечивает жидкостный режим трения даже при небольших скоростях вращения вала. В данном случае смазка захватывается впадинами рельефа и перемещается в нагруженную зону подшипника, что исключает возможность трения без смазки, снижает потери на трение, температуру поверхности и уменьшает износ.

Электролитно-плазменную закалку шейки вала выполняли в специальном уст-

Рис. 1. Макрошлиф сечения вала после электролитно-плазменной обработки



ройстве (рис. 3), обеспечивающем нагрев единичных участков поверхности шейки вала электрическими разрядами в плазменном слое. Плазменный слой образуется в зазоре между поверхностями изделия и жидкого электрода-электролита, который состоит из водного раствора соли щелочного металла. Нагретую поверхность охлаждает тот же электролит.

Устройство для нагрева включает корпус из диэлектрического материала и металлический анод с характерными размерами  $D_a$  (см. рис. 3). В аноде выполнены отверстия, через которые протекает электролит к катоду (нагреваемой поверхности). Ток, протекающий через электролит (между сетчатым анодом и парогазовым слоем), состоит из тока проводимости или «миграционного тока» (ионы движутся под действием электростатических сил) и гидродинамической составляющей тока. Гидродинамическая составляющая тока существенно снижает резистивные потери  $Q_p$ . Энергия в основном расходуется на нагрев катода  $Q_k$  — поверхности изделия. Рассеивание энергии  $Q_d$  мало, что обусловлено незначительностью толщины слоя  $h$  (2–3 мм) по сравнению с активной площадью нагрева, ограниченной диаметром выходного сопла нагревателя  $D_k$  (периметр  $S = 300–600$  мм). Изменение геометрических соотношений нагревателя  $D_a/D_k$ ,  $h/H$  и электрических режимов обеспечивает управление скоростью нагрева и охлаждения поверхности изделия в диапазоне 20–500 °C/с при удельной мощности нагрева поверхности  $10^3–10^4$  Вт/см<sup>2</sup>. Электролитно-плазменная технология обеспечивает толщину упрочненного слоя от 1 до 10 мм на поверхности изделия из стали с 0,5% С (рис. 4).

Изменение времени нагрева при электролитно-плазменной обработке изменяет глубину прогрева. За время нагрева 40 с глубина прогреваемого слоя достигает 10 мм, а за 7 с — до 1 мм. Максимальная твердость упрочненного слоя (900 МПа) не зависит от его толщины и плавно понижается от максимальной до твердости основы и, как правило, не зависит от времени нагрева.

Для упрочняющей обработки шеек коленчатого вала была изготовлена установка (рис. 5), которая базируется на устройстве 1 для вращения вала. Коленчатый вал 2 закрепляют стандартными устройствами и периодически проворачивают таким образом, чтобы создать определенное расстояние между упрочненными участками.

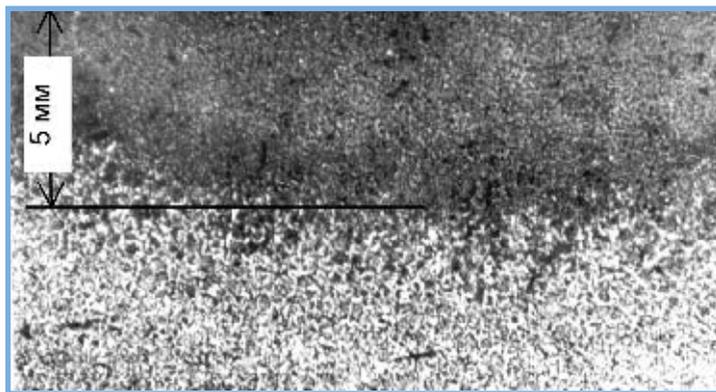


Рис. 2. Микрорельеф упрочненного участка вала

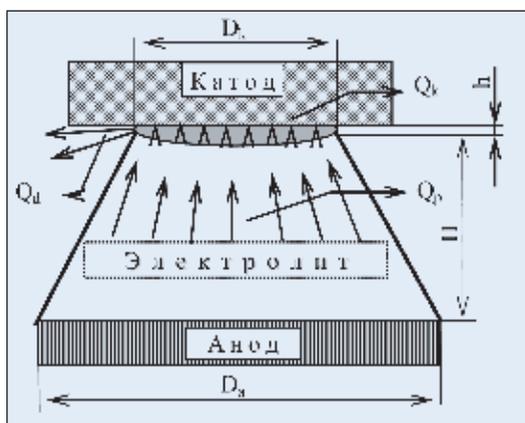


Рис. 3. Схема устройства для упрочнения участков поверхности вала

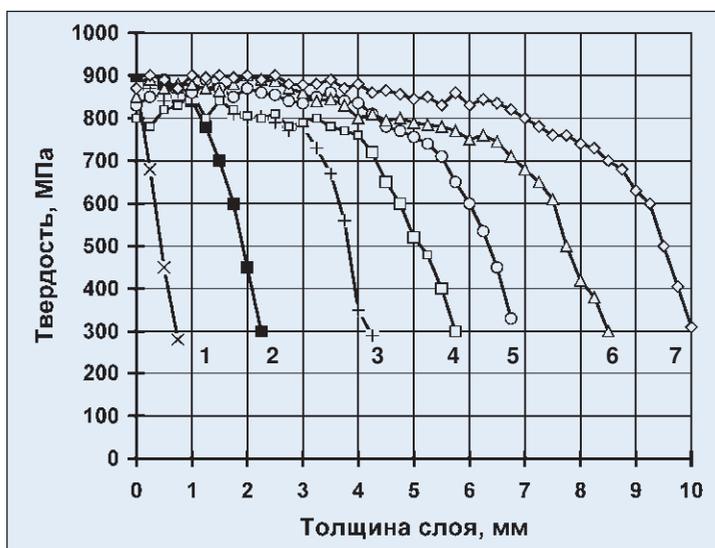


Рис. 4. Твердость и толщина упрочненного слоя на изделии из стали с 0,5% С в зависимости от времени нагрева: 1 —  $t=5$  с; 2 —  $t=5$  с; 3 —  $t=30$  с; 4 —  $t=40$  с; 5 —  $t=50$  с; 6 —  $t=60$  с; 7 —  $t=70$  с

Обработку осуществляют специальным навесным нагревателем 3, который устанавливают на шейке коленчатого вала. Установка имеет бак 4 для электролита, а также насосную станцию 5. Установка комплектуется источником электрического питания 6 и системой контроля температуры 7.

Навесное устройство для упрочняющей обработки рабочих поверхностей шеек тя-

Таблица. Сравнительный анализ эффективности упрочнения с помощью электролитно-плазменной технологии и азотирования в шахтной печи

Технология упрочнения вала	Марка стали	Потребление электроэнергии, кВт·ч	Время обработки, ч	Упрочненный слой	
				твёрдость HRC <sub>3</sub>	толщина слоя, мм
Электролитно-плазменная	40	30	5	60	5
В камерной электропечи типа СНА 13.45.16/6м	34XH1M	2025	24	60	0,5

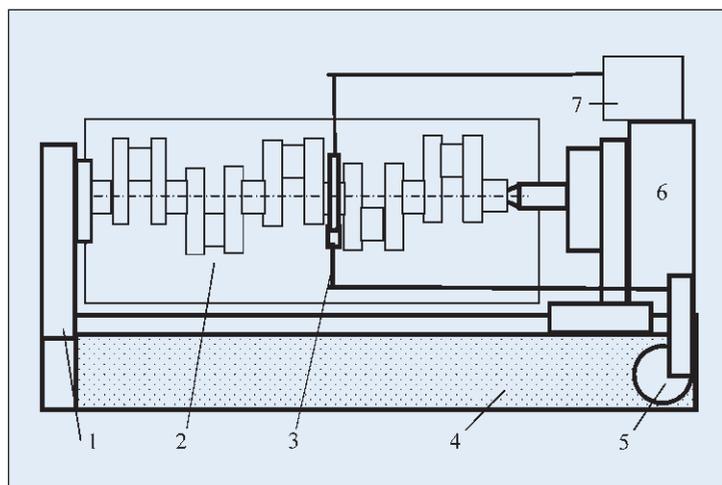


Рис. 5. Схема устройства для упрочнения шатунных и коренных шеек коленчатых валов

желых коленчатых валов фиксируют на цилиндрической шейке вала. Электролит и электрический ток подводят к аноду, размещенному внутри корпуса нагревателя из диэлектрических материалов. В нагревателе встроен фотоприемник, который улавливает излучение нагреваемой поверхности и, соответственно, подает управляющий сигнал на систему регулирования мощности электрического питания нагревателя. В зависимости от режимов обработки система изменяет мощность нагрева участков поверхностного слоя и скорость охлаждения. Для снижения напряжений в термоупрочненном слое система обеспечивает кратковременный циклический нагрев закаленных участков до температуры отпуска.

Технология предусматривает следующую последовательность операций. Нагреватель навешивают на шейку вала. По команде с пульта включается технологическое напряжение, которое обеспечивает нагрев участка поверхности свыше температуры фазовых напряжений. При достижении температуры 950–1000 °С напряжение отключают, поверхность охлаждают электролитом. После охлаждения выполняют циклический нагрев участков поверхности до температуры 150–200 °С.

В процессе периодического повторения процессов нагрев/охлаждение/поворот на

поверхности шейки вала формируется система твердых участков. В зависимости от технологических требований и размеров шейки вала обеспечивают нагрев и закалку участков поверхности в виде прямоугольника. При нагреве в течение 25–35 с и охлаждении электролитом на поверхности шейки вала формируются твердые прямоугольные участки размером 20×50 мм с глубиной твердого слоя до 5 мм и твердостью до 60 HRC<sub>3</sub> (см. рис. 1, 2). В качестве рабочего тела используют электролит на основе водного раствора кальцинированной соды с массовой долей Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> до 15%.

Электролитно-плазменная технология является ресурсосберегающей (таблица). До ее внедрения упрочнение крупногабаритного коленчатого вала (1500–2000 кг) выполняли в камерной электропечи типа СНА 13.45.16/6м. Затраты электрической энергии составляли 6075 кВт·ч на три вала. Толщина упрочненного слоя достигала 0,5 мм. При электролитно-плазменной обработке требуются существенно меньшие затраты энергии (30 кВт·ч) а толщина упрочненного слоя достигает 5 мм.

Анализ результатов промышленного использования электролитно-плазменной технологии при упрочнении крупногабаритных коленчатых валов показал, что она является энергосберегающей и экологически чистой: 70–80% электрической энергии расходуется непосредственно на нагрев участков поверхности без нагрева всего изделия. Форму упрочненного участка поверхности шейки вала определяет конфигурация выходного сопла нагревателя, а толщину упрочненного слоя — время обработки.

Закаленные участки поверхности создают сжимающие напряжения в поверхностном слое изделия и после абразивной обработки образуют специальный рельеф, который обеспечивает гидродинамическую смазку шеек коленчатого вала. Необработанные участки поверхности обеспечивают релаксацию напряжений.



## **CORGON® – прогрессивная замена углекислоты**

Linde Gas

*Linde*

### **Применение «правильных» защитных газов:**

- Улучшение качества продукции
- Высокая производительность
- Надежность и экономичность
- Лучшие условия труда

**Качественное и надежное  
газосварочное оборудование**

ОАО «Линде Газ Украина»  
[www.linde-gas.com.ua](http://www.linde-gas.com.ua)

Днепропетровск, ул. Кислородная, 1; тел. (0562) 35 12 25, ф. (056) 79 00 333  
Киевский филиал: ул. Лебединская, 36; тел. (044) 507 23 69  
Алчевский филиал: пр. Metallургов, 25а; тел. (06442) 3 70 19

КАЧЕСТВО. ЦЕНА. СЕРВИС.



WELDTECH  
GROUP

*Мы не стремимся быть первыми –  
Мы стремимся быть лучшими!*

03680, ул. Боженко, 15, оф. 203, 303, 507. ИЭС им. Е.О. Платона, корп. №7  
тел. (044) 456-02-09, 458-34-85, 456-36-97, 200-82-09, 200-84-85, 200-86-97  
e-mail: weldtec@iptelecom.net.ua, www.weldtec.com.ua



*порошковые проволоки  
для сварки, наплавки  
и напыления*



ОАО «Торезтвердосплав»



*порошковые ленты,  
электроды наплавочные,  
сварочные, неплавящиеся*

*наплавочные  
твердые  
сплавы*



ООО НПП  
РІМ  
РЕММАШ

*разработка  
и изготовление  
оборудования  
для механизированной  
сварки и наплавки*



ООО «Сварос»



*восстановление  
и упрочнение  
деталей*



*разработка новых  
сварочных, наплавочных  
материалов*

WELDTECH  
GROUP  
www.weldtec.com.ua



# ООО «ТМ.ВЕЛТЕК»

ООО «ТМ Велдтек»: 03680, г. Киев, ул. Боженко, 15, корп. №7,  
 оф. 203, 303, 507; ИЭС им. Е.О. Патона  
 тел. (044) 456-02-09, 458-34-85, 456-36-97, 200-82-09, 200-84-85, 200-86-97  
 www.weldtec.com.ua, e-mail: weldtec@iptelecom.net.ua



ПРОИЗВОДСТВО ДО 5000 Т/ГОД

**ПОРОШКОВЫЕ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ СВАРКИ, НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ  
 САМОЗАЩИТНЫЕ, В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, ПОД ФЛЮСОМ  
 ДИАМЕТРОМ ОТ 1,0 ДО 6,0 ММ**

РАЗРАБОТКА. ИЗГОТОВЛЕНИЕ. ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ

порошковые проволоки  
 для сварки, наплавки  
 и напыления

разработка и изготовление  
 оборудования для  
 механизированной сварки и наплавки

восстановление  
 и упрочнение  
 деталей

комплексные поставки  
 материалов для сварки  
 и наплавки

наплавочные  
 твердые  
 сплавы

порошковые ленты,  
 электроды наплавочные,  
 сварочные, неплавящиеся

разработка новых  
 сварочных, наплавочных  
 материалов

**WELDTECH  
 GROUP**  
[www.weldtec.com.ua](http://www.weldtec.com.ua)

# Компетенция в эксплуатации и сервисе

ООО «Фрониус Украина»

www.fronius.com



Электродуговая и плазменная сварка:

MIG/MAG/PULS  
WIG/TIG  
MMA



Жидкостно-плазменная резка  
Орбитальная сварка и автоматизация  
Роботизированная сварка

Воздушно-плазменная  
резка



Резка и торцовка труб,  
обработка кромок

GEORG FISCHER +GF+



Приварка шпилек,  
бонок, анкеров



07455, Украина, Киевская обл.,  
Броварской р-н, с. Княжичи,  
ул. Славы, 24  
Тел.: +38 044 277-21-41  
Факс: +38 044 277-21-44



ЛУЧШАЯ СВАРКА



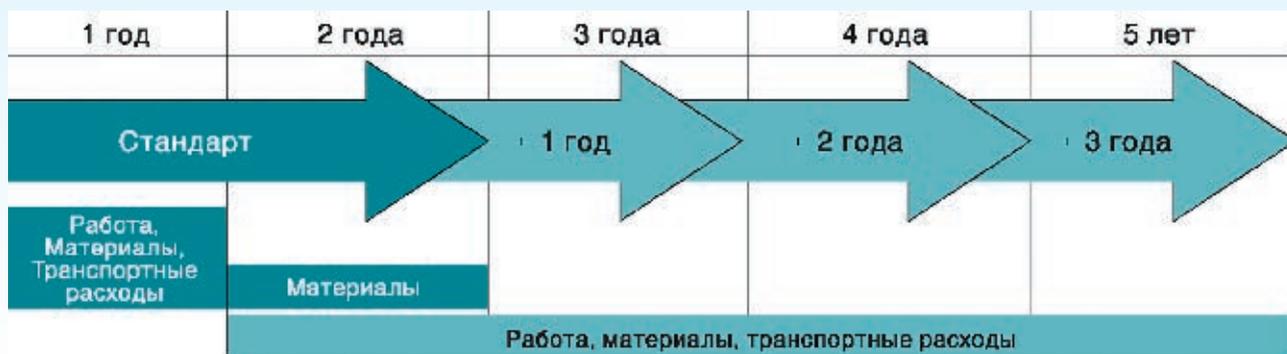
## Продление гарантии

Ваш индивидуальный пакет безопасности

Fronius предлагает Вам гибкую, индивидуальную и чрезвычайно прозрачную систему обеспечения гарантии. пакетов безопасности. Выберите тот, который в соответствии с Вашими требованиями предоставляет самую оптимальную защиту.

### ГАРАНТИЯ, УСЛОВИЯ КОТОРОЙ ПОЛНОСТЬЮ СООТВЕТСТВУЮТ ВАШИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Fronius не привязывает продление гарантии к регистрационным карточкам, гарантийным свидетельствам или ежегодным проверкам. Использование гарантии возможно в любое время, даже если Ваша система сваривания находится в эксплуатации в другом регионе. Достаточно сообщить серийный номер источника электропитания.



# Восстановление дуговой наплавкой под флюсом штоков и плунжеров шахтных гидрокрепей

Ю. М. Кусков, д-р техн. наук, И. А. Рябцев, канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона, Ю. В. Демченко, канд. техн. наук, А. М. Денисенко, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона»

*Штоки и плунжеры гидрокрепей (рис. 1) солевых и угольных шахт эксплуатируются в условиях абразивного изнашивания и коррозионного воздействия влажной атмосферы и шахтных вод. Для повышения срока службы этих деталей в процессе изготовления их рабочие поверхности подвергают электролитическому хромированию.*

Как правило, толщина хромового покрытия не превышает 50 мкм. Являясь активным металлом, хром легко пассивируется, приобретая повышенную коррозионную стойкость в ряде агрессивных сред: в атмосфере и растворах азотной кислоты, в сероводороде, в органических кислотах и, в том числе, в растворах многих солей, характерных для шахтных вод. Кроме того, хром имеет высокую твердость (800–1000 НВ) и относительно небольшой коэффициент трения (коэффициент трения для хрома по стали  $f = 0,16$ ; для хрома по хрому  $f = 0,12$ ), что обеспечивает хромовому покрытию высокую стойкость против абразивного изнашивания и изнашивания схватыванием при эксплуатации штоков и плунжеров шахтных гидрокрепей.

К недостаткам хромирования следует отнести, прежде всего, высокую экологическую вредность самого процесса электролитического нанесения покрытий. При этом относительно небольшая толщина хромового покрытия приводит к тому, что оно в результате местных повреждений преждевременно выходит из строя (рис. 2). В результате нарушается герметичность гидравлической пары, что, в конечном итоге, приводит к снижению безопасности выполнения шахтных работ.

Восстановить изношенные штоки и плунжеры, которые изготавливают из сталей 30Х или 30ХГСА, и обеспечить им высокие эксплуатационные свойства можно с помощью дуговой наплавки под флюсом.

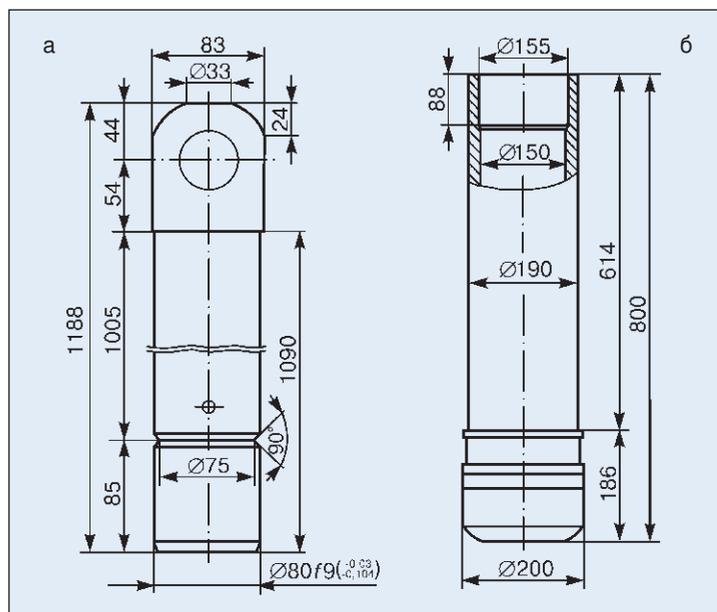


Рис. 1. Шток (а) и плунжер (б) шахтной гидрокрепи

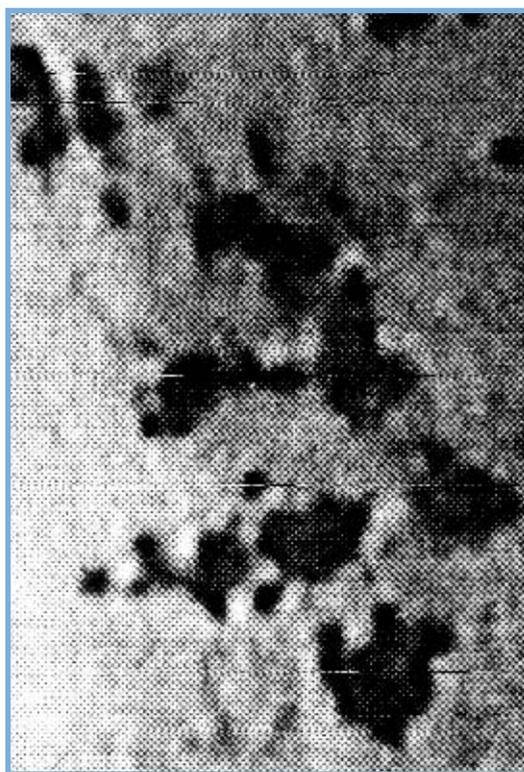
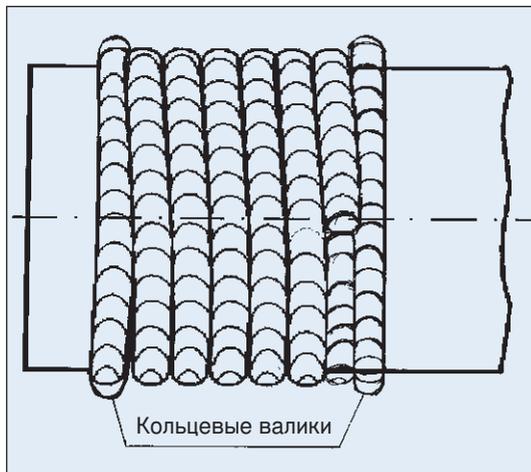


Рис. 2. Коррозионные повреждения на хромированной поверхности штока после эксплуатации в угольной шахте

Рис. 3. Схема наплавки детали по винтовой линии с кольцевыми валиками в начале и конце наплавки



Как показывает опыт, восстанавливать этим методом можно штоки и плунжеры диаметрами более 80 мм и длиной до 1300 мм.

Разработаны две технологии наплавки штоков и плунжеров. Одна из них предусматривает применение низколегированной электродной проволоки Нп-30ХГСА диаметром 1,6–2,0 мм и флюса АН-348. Первый валик наплавляют по кольцу, затем наплавку ведут по винтовой линии. Последний валик также наплавляют по кольцу (рис. 3). Учитывая небольшой износ деталей, выполняют однослойную наплавку. Во избежание перегрева наплавку восстанавливаемых деталей, особенно небольшого диаметра, ведут с охлаждением сжатым воздухом или водой.

Наплавленный металл в этом случае не является коррозионностойким, поэтому после наплавки штоки механически обрабатывают и подвергают электролитическому хромированию. Основным недостатком данной технологии является двухступенчатая схема восстановления с сохранением экологически вредного производства – электролитического хромирования.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана технология наплавки таких деталей, исключая операцию хромирования. При использовании этой технологии обеспечивают высокие антикоррозионные и износостойкие свойства уже в первом слое наплавленного металла относительно небольшой толщины. Кроме того, важным преимуществом разработанной технологии является возможность выполнять наплавку по остаткам хромового гальванического покрытия.

Для реализации технологии разработана порошковая проволока ПП-АН165, обеспечивающая уже в первом наплавленном слое получение нержавеющей хромистого металла мартенситно-ферритного класса. Наплавленный металл этого типа по сравнению с хромоникелевыми аустенитными нержавеющейими сталями типа Х18Н9Т имеет достаточно высокую твердость – 35–45 HRC<sub>3</sub>, что обеспечивает ему высокую стойкость против абразивного изнашивания.

Впервые технология наплавки и порошковая проволока ПП-АН165 были опробованы при наплавке штоков гидравлических устройств проходческих комбайнов, эксплуатирующихся в шахтах по добыче калийных удобрений. Наплавку штоков вели на установке для автоматической дуговой

Рис. 4. Установка для наплавки штоков и плунжеров, выполненная на базе токарного станка, и автомат А 1406 (а); внешний вид наплавленного штока (б)





Рис. 5. Внешний вид образцов после испытаний на коррозионную стойкость: а — наплавленных сплошной проволокой Св–08Х20Н10Г7Т; б — опытной порошковой проволокой одиночными валиками; в — с перекрытием соседних валиков

наплавки У 653 с источником питания ВДУ 506. За счет однослойной наплавки достигается достаточно высокая производительность процесса. Например, наплавку штока диаметром 120 мм с длиной наплавляемой поверхности около 800 мм выполняли примерно за 1,5 ч. Производственный опыт показал, что штоки, наплавленные дугвым способом порошковой проволокой ПП–АН165 под флюсом АН–26, имеют высокую стойкость против коррозии и абразивного изнашивания.

Аналогичным образом наплавливали штоки и плунжеры гидрокрепей угольных шахт. Наплавку вели на установке, выполненной на базе токарного станка, с автоматом А 1406 (рис. 4). Наплавку выполняли по винтовой линии. Шаг наплавки можно изменять в широких пределах в зависимости от диаметра наплавляемой детали и диаметра применяемой наплавочной проволоки. Технология наплавки обеспечивает качественное формирование наплавленного слоя, перепад неровностей соседних валиков составляет 0,5–0,7 мм.

Проведенные опытно-промышленные испытания показали, что в угольных шахтах коррозионная стойкость деталей, наплавленных порошковой проволокой ПП–АН165, была недостаточно высокой. По-видимому, шахтные воды и влага в атмосфере угольных шахт оказывают большее коррозионное воздействие на наплавленный слой, чем в соляных шахтах. Анализ показывает, что в шахтных водах угольных шахт в больших количествах присутствуют сульфаты железа, магния, алюминия и некоторых других элементов. В результате гидролитического расщепления сульфатов шахтная вода приобретает высокую агрессивность, особенно при  $pH \leq 3$ .

С учетом этих особенностей среды угольных шахт были проведены исследования коррозионной стойкости металла, наплавленного опытной порошковой проволокой, обеспечивающей получение хромистого нержавеющей металла мартенситного и мартенситно-ферритного классов, на образцы из стали 30ХГСА. Твердость металла, наплавленного этой проволокой, составила 35–45 HRC<sub>3</sub>. На рис. 5 показан внешний вид образцов, наплавленных одиночными валиками и с перекрытием соседних валиков, после испытаний коррозионной стойкости. В качестве эталона использовали образцы, наплавленные сплошной проволокой аустенитного класса Св–08Х20Н10Г7Т. Твердость металла, наплавленного этой проволокой, составляла 15–20 HRC<sub>3</sub>. В качестве коррозионной среды использовали синтетическую шахтную воду, содержащую сульфаты железа, магния и алюминия, взятые в определенной пропорции. Показатель pH этой воды равнялся 2,5.

Исследования показали, что коррозионная стойкость металла, наплавленного опытной порошковой проволокой, увеличивается с ростом содержания хрома. С учетом этого был скорректирован состав шихты порошковой проволоки ПП–АН165, и теперь ее изготавливают в двух модификациях: первая — для наплавки деталей гидрокрепей соляных шахт, вторая — для наплавки аналогичных деталей угольных шахт.

Производственный опыт показывает, что наплавка штоков шахтных гидрокрепей этой проволокой позволяет исключить операцию хромирования и значительно снизить себестоимость восстановления изношенных деталей при сохранении высокой износо- и коррозионной стойкости. ● #860



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, об особенностях, возможностях и целесообразности применения холодной сварки металлов.**

*В. И. Бугайчук (Винница)*

Холодная сварка металлов основана на совместной пластической деформации соединяемых металлов и осуществляется в условиях природных температур. Физической основой процесса является сближение атомов соединяемых поверхностей на весьма малые расстояния, обеспечивающие активное действие межатомных сил и «схватывание» металла. Получение физического контакта по всей поверхности раздела практически возможно только при высоком давлении и значительной пластической деформации металла в зоне сближения. Сближению препятствуют такие факторы, как твердость металла, наличие на поверхности различных загрязнений, жировых и оксидных пленок, которые необходимо удалить.

При обычных способах холодной сварки наружные слои соединяемых поверхностей в процессе пластического деформирования под действием сварочного давления удаляются со всеми оксидными пленками, неровностями и сортированными газами, а на поверхность стыка выводятся свежие глубинные слои, не соприкасавшиеся с атмосферой. Для этого требуются значительные усилия, что влечет за собой необходимость в увеличении мощ-

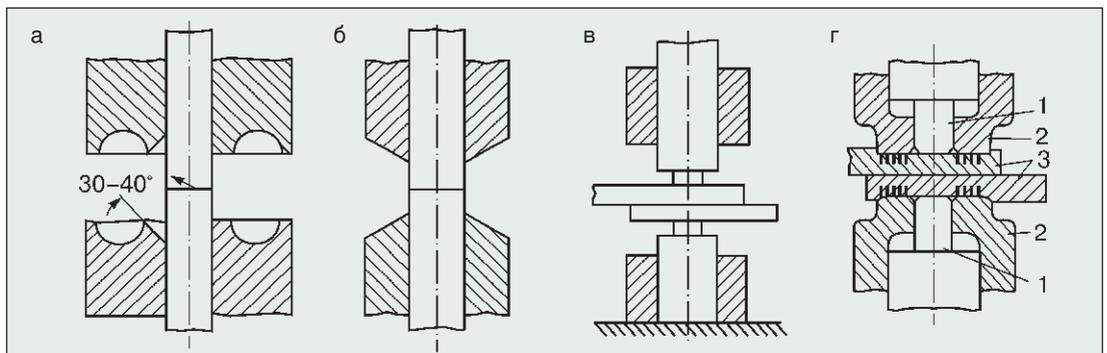
ности оборудования, вызывает повышенные потери металла в грат, иногда повреждает изделие и ухудшает его внешний вид.

Приложенное осадочное давление не только создает значительную пластическую деформацию и течение металла в плоскости стыка, но одновременно сближает соединяемые поверхности, что необходимо для проявления межатомных сил. Плотное сжатие исключает доступ атмосферного воздуха к освобождаемым глубинным поверхностям.

Основные виды холодной сварки — стыковая и точечная (рис. 1). Стыковую сварку применяют для соединения стержней сечением от 1 до 1500 мм<sup>2</sup>, точечную — для нахлесточных соединений листов от самых тонких (фольги) до толщиной 12 мм.

Удельное давление осадки в несколько раз превышает предел прочности металла при растяжении и колеблется от 60 до 2500 МПа. Создание таких высоких удельных давлений, а следовательно, и напряжений возможно только при соответствующем ограничении свободы пластической деформации в некоторых, заранее заданных направлениях. Такое ограничение обеспечивают система зажатия свариваемых заготовок, а также специальная форма сварочных инструментов (штампов, пуансонов), как при ковке и штамповке в замкнутых или полудамкнутых штампах. При этом, однако, в наружной зоне стыка сохраняется известная свобода пластической деформации. По-

Рис. 1. Схемы холодной сварки: а, б — встык с зажимами; в — точечной внахлестку; г — точечной внахлестку с предварительным зажатием свариваемых деталей (1 — пуансоны; 2 — прижимы; 3 — свариваемые детали)



этому при холодной сварке в плоскости соединения происходит значительное растрескивание металла, которое способствует разрушению пленки оксидов и вытеснению ее обломков из зоны соединения.

Возможность и целесообразность применения холодной сварки ограничена свойствами свариваемых металлов и потребным усилием осадки, которое намного превосходит усилия сварки давлением с нагревом. При оценке свариваемости металлов холодной сваркой в первую очередь необходимо учитывать их способность к пластическому деформированию в холодном состоянии. Следовательно, на первое место следует поставить свинец, алюминий, медь, никель, серебро. Некоторые алюминиевые термически неупрочняемые сплавы, например АМг и АМц, также удовлетворительно соединяются холодной сваркой. Очень плохо сваривается термически упрочненный дюралюминий. Удовлетворительно сваривается титан.

Широко применяют сварку разнородных, но достаточно пластичных металлов: алюминий + медь; медь + ковар и др.

Зависимость прочности точечных соединений различных металлов от деформаций показана на рис. 2. Снижение прочности точки после достижения определенного максимума объясняется уменьшением толщины металла в месте сварки, вследствие чего происходит разрушение с вырывом точки, а не срез.

Преимущества холодной сварки:

- исключено термическое воздействие на свариваемый металл и отсутствует зона термического влияния;
- простота схемы (для сварки малых сечений) и конструкции сварочных машин и приспособлений (клещей);
- высокая производительность сварки, например, время сварки встык медной шины сечением 200 мм<sup>2</sup> может быть доведено до 0,02 с, время холодной сварки алюминия с медью в некоторых случаях составляет микросекунды.

Недостатки:

- сильное влияние на качество сварки органических загрязнений, что требует предварительной очистки загрязненных поверхностей растворителями, прокаливанием при температуре 400–450 °С или другими способами;
- для осадки при холодной сварке необходимы большие удельные давления, превосходящие предел прочности свариваемых металлов;

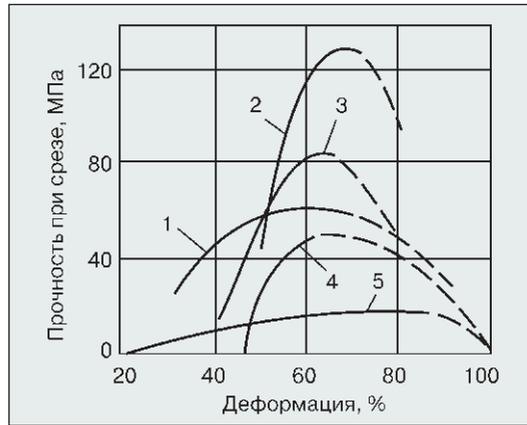


Рис. 2. Зависимость прочности точечных соединений от величины деформации: 1 — наклепанный алюминий; 2 — электролитическая медь; 3 — тантал; 4 — мягкий алюминий; 5 — олово

- невозможность соединения недостаточно пластичных металлов, в частности всех углеродистых и конструкционных легированных сталей;
- плохо сваривается термически упрочненный дюралюминий, обычное α-железо и др.;
- свариваемые детали значительно деформируются в зоне сварного соединения и в месте зажатия изделия сварочными инструментами (губками, пуансоном и др.), что не всегда допускает конструкция изделия. Несмотря на ряд недостатков, существуют области рационального применения холодной сварки:

1. Сварка стыковых и нахлесточных соединений металлов, обладающих высокими пластическими свойствами, главным образом меди, алюминия, олова, серебра и их сочетаний.

2. Электромонтаж в заводских и полевых условиях для соединения токоведущих шин, проводов и стержней из цветных металлов, в том числе и разнородных.

3. Сварка корпусов приборов в электронной промышленности, производство бытовых приборов для сварки теплообменников холодильников, производство изделий из алюминия и его сплавов, труб, оболочек, вагонов, мебели, посуды и проч., если во всех этих случаях не предъявляют повышенные требования к прочности сварного соединения.

Для холодной сварки внахлестку, например, могут быть использованы любые прессы. Для одновременной сварки нескольких точек требуются прессы усилием 490–980 кН (50–100 тс). Для холодной сварки в условиях цехов разработан в разные годы ряд специальных машин и полуавтоматов, например, МСХС–30, МХСА–50, МСХС–60, МХСК–4, а для монтажа — ручные клещи для стыковой сварки проводов типа КС–6 и установка УГАС–5 для точечной сварки алюминиевых шин и многое другое.

• #861



Специалисты завода «Донмет» быстро и качественно производят разделку нержавеющей сталей до 180 мм, чугуна (станин, шаботов) до 1000 мм на мерные части в производственных условиях заказчика.

(06264) 5-77-13; 4-26-85  
svarka@donmet.com.ua  
www.donmet.com.ua



**ДОНМЕТ**  
завод автогенного оборудования



## ОАО «ЗОНТ» (торговая марка «Автогенмаш»)

### ПРОИЗВОДСТВО:

- ♦ машин для термической резки «Комета М»;
- ♦ переносных газорезущих машин «Радуга»;
- ♦ машин для микроплазменной резки «Метеор»;
- ♦ машин фигурной газокислородной резки «АСШ-70М»;
- ♦ машин плазменной и газокислородной резки с ЧПУ для фигурной резки труб;
- ♦ машин для гидроабразивной резки «Марина»;
- ♦ насосов, теплообменников и запасных частей для криогенной техники.

ПОСТАВКА источников плазменной резки.

КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ  
машин для термической резки металла.

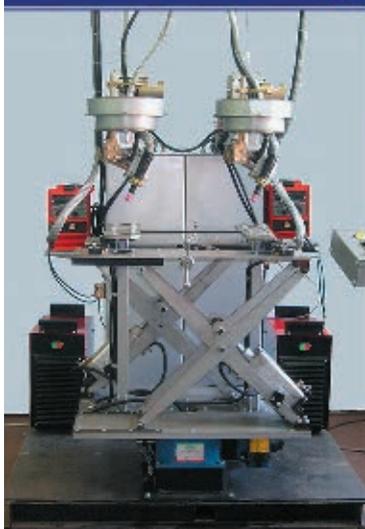
65104, Украина,  
г. Одесса,  
пр-т Маршала  
Жукова, 103

т. +38 (048) 717-00-50, 715-69-40  
ф. +38 (048) 715-69-50  
e-mail: oaozont@zont.com.ua  
www.zont.com.ua

# НАВКО-ТЕХ

Automatic machines and robots for arc welding

## Автоматические установки и роботы для дуговой сварки



УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ  
ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ШВОВ

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ  
КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ

РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА



Украина, 03056, Киев, ул. Полевая, 24  
Тел.: +38 044 456-40-20  
Факс: +38 044 456-83-53

http://www.navko-teh.kiev.ua

E-mail: info@navko-teh.kiev.ua



СИМФЕРОПОЛЬСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД

## ПРОИЗВОДСТВО Электросварочного оборудования

- ★ **ТРАДИЦИОННОЕ  
ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:**  
ТРАНСФОРМАТОРЫ СВАРОЧНЫЕ  
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ
- ★ **ИНВЕРТОРНОЕ  
ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:**  
ПОЛУАВТОМАТЫ СВАРОЧНЫЕ  
УСТАНОВКИ ДЛЯ АРГОННОДУГОВОЙ СВАРКИ  
УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ  
ВЫПРЯМИТЕЛИ СВАРОЧНЫЕ  
БЛОК ФИЛЬТРЫ
- ★ **ЧОППЕРНОЕ  
ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

95040, Украина, АР Крым,  
г. Симферополь, ул. Генерала Васильева 27-а  
тел. +38(0652) 66-81-23, 66-81-24, 48-19-12  
факс: +38(0652) 58-31-27, 58-31-26, 58-31-25  
E-mail: sales@simz.com.ua; www.simz.com.ua

## Выпрямитель сварочный ВС-450

**ВС-450** предназначен для комплектации полуавтоматов дуговой сварки в среде защитных газов. В комплекте с полуавтоматом предназначен:

- для полуавтоматической дуговой сварки плавящейся электродной проволокой на постоянном токе изделий из низкоуглеродистой и низколегированной стали в среде углекислого газа и газовых смесей;
- для полуавтоматической дуговой сварки плавящейся электродной проволокой на постоянном токе изделий из алюминия и его сплавов, а также коррозионностойких сталей в среде аргона.

### Основные преимущества

- Обеспечивает полуавтоматическую сварку алюминия и его сплавов и коррозионностойких сталей при комплектации полуавтоматом.
- Ступенчатое регулирование сварочного напряжения (28 ступеней).
- Наличие приборов индикации сварочного тока и напряжения.
- Наличие ступенчатого регулирования индуктивности сварочного контура (9 ступеней) позволяет оптимально выбрать сварочный режим для сварки различными сварочными материалами во всех пространственных положениях.
- Жесткая внешняя характеристика.
- Класс изоляции H.
- Наличие розетки 36 В для питания подогревателя газа.
- Быстроразъемные, безопасные токовые разъемы.
- Низкое энергопотребление благодаря высокому КПД.
- Малая масса и габаритные размеры.
- Мобильный в перемещении (возможна установка на колеса).
- Современный дизайн и эргономика.
- Может комплектоваться любым типом сварочных полуавтоматов в зависимости от технических условий сварки.



**BC-450**

### Безопасность и надежность в работе

- Наличие тепловой защиты от перегрузок.
- Наличие светового индикатора тепловой защиты.
- Наличие автомата защиты сети.
- Наличие защиты от короткого замыкания и токовых перегрузок цепи управления выпрямителя, цепи питания полуавтомата, цепи подогревателя газа и цепи питания вентилятора.

### Синергетическое управление

- ВС-450 выпускается в исполнении с синергетическим управлением сварочным процессом.
- Наличие синергетического управления позволяет легко настроить оптимальный сварочный режим методом выбора основных параметров сварки: диаметра и типа сварочной проволоки, вида защитного газа, толщины свариваемого материала. В зависимости от выбранных параметров автоматически подбирается скорость подачи (сварочный ток) электродной проволоки.
- В ВС-450 с синергетическим управлением установлены приборы цифровой индикации сварочного тока, сварочного напряжения, скорости подачи сварочной проволоки, а также рекомендуемой ступени индуктивности выпрямителя.
- ВС-450 с синергетическим управлением позволяет отключить синергетическое управление и перейти в режим ручной настройки сварочного режима.

### Области применения

Производственные и ремонтные работы в металлообрабатывающей промышленности, изготовление и монтаж стальных конструкций, машиностроение, строительство резервуаров, автомобилестроение и судостроение, строительно-монтажные работы и др.

### Технические характеристики

Параметр	Значение
Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ, %)	450 (60%); 370 (100%)
Регулирование сварочного напряжения	Ступенчатое
Пределы регулирования сварочного тока, А	30–500
Пределы регулирования сварочного напряжения, В	15–40
Номинальное рабочее напряжение, В	37
Напряжение холостого хода, В, не более	53
Количество ступеней регулирования сварочного напряжения	28 (4×7)
Количество ступеней регулирования индуктивности	9
Потребляемая мощность при номинальном токе 450 А (ПВ=60%), кВА, не более	24
Масса, кг, не более	145
Габаритные размеры, мм, не более	710×520×780

# Особенности сварки плавящимся электродом коротких швов в защитных газах

А. Г. Потапьевский, д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

*Широкое применение сварки в защитных газах плавящимся электродом обусловлено возможностью выполнения коротких и криволинейных швов во всех пространственных положениях с более высокими скоростями, чем при ручной сварке покрытыми электродами, и с меньшими требованиями к квалификации сварщика. Однако в начале и конце сварки во многих случаях наблюдаются неполный провар соединений, плохое формирование швов, дефекты в незаваренном кратере и повышенное разбрызгивание.*

Сварку характеризует совокупность физических и электрических явлений, различных в начале, основной части шва и конце. Поэтому весь процесс целесообразно разделить на три стадии: начало сварки, стабильное течение и прекращение сварки (рис. 1).

Начало сварки или установление стабильного течения процесса — это отрезок времени, на протяжении которого происходит зажигание дуги и достижение заданных параметров режима сварки. Стабильное те-

чение процесса — это отрезок времени, на протяжении которого заданный режим сварки сохраняется неизменным и происходит образование шва. Прекращение процесса — отрезок времени, на протяжении которого происходит переход от стабильного течения процесса к окончанию сварки.

Способы начала сварки подразделяют на контактные и бесконтактные. При сварке плавящимся электродом применяют в основном контактный способ, при котором дуга зажигается в результате короткого замыкания электрода с изделием и происходит взрывообразное пережигание части электрода. При бесконтактном способе дуга зажигается при пробое разрядного промежутка между электродом и изделием высоковольтным разрядом без оплавления и разбрызгивания металла (рис. 2, в). Однако при использовании серийных источников питания его не применяют.

При сварке в защитных газах проволокой сплошного сечения диаметром до 2,5 мм и порошковой проволокой диаметром до 3,2 мм начало сварки выполняют либо путем предварительного закорачивания электрода на изделие, либо без предварительного закорачивания, а проволокой больших диаметров только путем предварительного закорачивания электрода на изделие.

После короткого замыкания электродной проволоки с изделием нажатием пусковой кнопки включают подачу защитного газа для удаления воздуха из зоны начала сварки. Через 1–2 с одновременно подают напряжение на электрод и включают электродвигатель механизма подачи проволоки. Если в сварочной цепи обеспечивается высокая скорость нарастания силы тока короткого замыкания (150–300 кА/с), а конец электрода заострен и изделие зачищено, то электродная проволока перегревается и перегорает у изделия. Зажигается дуга, которая оплавляет электрод и изделие. Если напряжение источника и запас энергии, накопившейся в

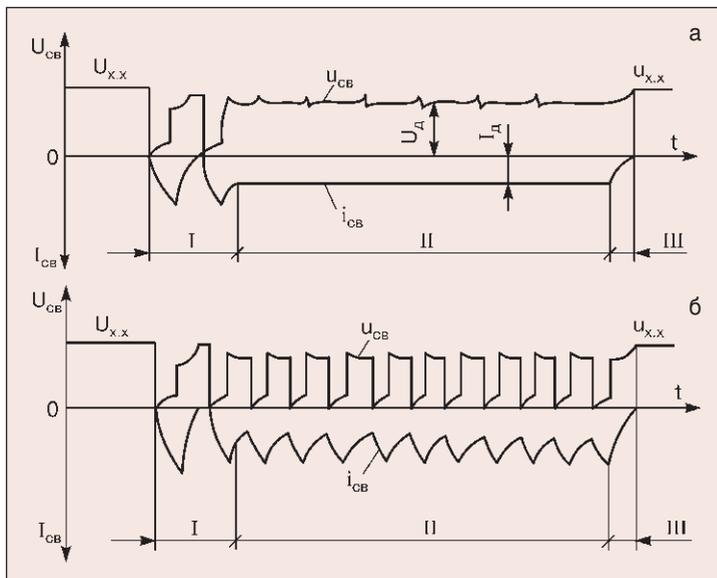


Рис. 1. Схемы изменения напряжения и силы тока на протяжении процесса сварки без коротких замыканий (а) и с короткими замыканиями (б): I — начало процесса; II — стабильное течение процесса; III — прекращение процесса сварки;  $U_{cb}$ ,  $u_{cb}$  — напряжение сварки;  $U_d$  — напряжение дуги;  $U_{x,x}$  — напряжение холостого хода;  $I_{cb}$ ,  $i_{cb}$  — сила тока сварки;  $I_d$  — сила тока дуги;  $t$  — время

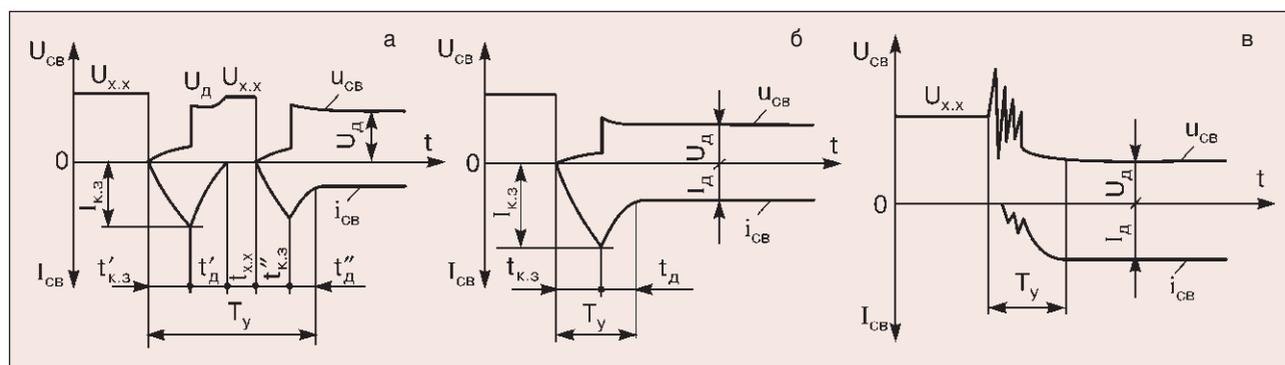


Рис. 2. Схемы изменения напряжения и силы тока при установлении процесса сварки путем подачи проволоки к детали (а), замыкания и отрыва электрода от детали (б) и без короткого замыкания (в);  $T_y$  — длительность установления процесса

элементах индуктивности сварочной цепи, достаточны для горения дуги, то дуга не гаснет, и начинается стабильное течение сварки (рис. 2, б). После приближения проволоки к изделию происходит короткое замыкание электрода с изделием, перегрев и повторное перегорание электрода и зажигание дуги. Если дуга оборвется, то повторяется короткое замыкание, перегорание электрода и зажигание дуги. Если дуга не оборвется, начинается процесс сварки (рис. 2, а).

При начале сварки без предварительного короткого замыкания процесс начинают с включения подачи защитного газа, через

1–2 с одновременно включаются источник тока и электродвигатель механизма подачи проволоки к изделию. Через некоторое время проволока касается изделия и с усилием прижимается к нему. Под действием силы тока короткого замыкания проволока нагревается, изгибается и перегорает чаще всего у токоподвода. Зажигается дуга, перегоревший у токоподвода вылет электрода отбрасывается взрывом. Дуга, загоревшаяся между электродом и перегоревшим вылетом, растягивается и обрывается. Через промежуток времени, определяемый скоростью подачи проволоки, она приближается

Таблица 1. Зависимость времени начала сварки в  $CO_2$ , с, от скорости нарастания силы тока короткого замыкания и состояния конца электрода

Скорость нарастания силы тока $K_z$ , кА/с	Состояние конца электрода	Диаметр электродной проволоки, мм							
		сплошной			порошковой	сплошной		порошковой	сплошной
		0,8	1,0	1,2	ПП* 1,2	1,4	1,6	ПП* 1,6	2,0
200–300	Крупная капля	0,13	0,15	0,17	0,07	0,20	0,25	0,08	0,30
	Малая капля	0,09	0,10	0,13		0,15	0,18		0,25
	Электрод заострен	0,04	0,06	0,08	0,03	0,09	0,12	0,04	0,14
100–150	Крупная капля	0,14	0,16	0,25	0,08	0,30	0,35	0,1	0,40
	Малая капля	0,10	0,12	0,18		0,20	0,28		0,30
	Электрод заострен	0,05	0,08	0,09	0,05	0,12	0,15	0,05	0,18
70–80	Крупная капля	0,20	0,25	0,30	0,09	0,38	0,45	0,12	0,55
	Малая капля	0,15	0,18	0,25		0,30	0,20		0,30
	Электрод заострен	0,10	0,12	0,18	0,07	0,20	0,16	0,07	0,20
45–50	Крупная капля	Не установлено			0,12	0,50	0,58	0,13	0,65
	Малая капля	0,20	0,25	0,35		0,45	0,28		0,35
	Электрод заострен	0,18	0,20	0,30	0,08	0,25	0,25	0,08	0,28
20–30	Крупная капля	Нарушено		Не установлено	0,11	Не установлено	0,65	0,15	0,70
	Малая капля						0,40		0,70
	Электрод заострен				0,09	Не установлено	0,30	0,1	0,35

Примечание. Начало с коротким замыканием электродной проволоки с изделием. Полярность обратная. Для проволоки диаметром 1,2–1,4 мм (вылет 12 мм) сила тока сварки 150–200 А, диаметром 1,6 и 2,0 мм — 280 и 320 А. Большая капля —  $d_k > 1,5d_s$ ; малая капля —  $d_k = (1,0...1,3)d_s$ . Заострение конца электрода выполняли, откусывая конец проволоки под косым углом.

к изделию, наступает второе короткое замыкание. Проволока перегревается и перегорает уже у изделия. Зажигается дуга. Если напряжение источника тока достаточно для поддержания горения дуги, то дуга не гаснет, и с этого момента начинается стабильное течение процесса. Продолжительность установления процесса сварки и разбрызгивание при этом приеме больше, чем при сварке с предварительным коротким замыканием.

Известно, что при высоких скоростях нарастания силы тока короткого замыкания в

сварочной цепи (100 кА/с и более) начало процесса сварки хорошее. Длительность начала сварки существенно зависит не только от скорости нарастания силы тока короткого замыкания в сварочной цепи, но и от состояния и формы конца электрода. Крупная капля обычно окислена и низ ее покрыт шлаком, что затрудняет контакт проволоки с изделием и ухудшает начало сварки (табл. 1).

Увеличение наклона внешней характеристики источника тока от 0,02 до 0,1 В/А при скорости нарастания силы тока короткого замыкания 70–80 кА/с и более улучшает начало процесса и сокращает длительность этой стадии. При сварке в смеси аргона с 25% CO<sub>2</sub> начало процесса лучше, а разбрызгивание меньше, чем в чистом CO<sub>2</sub>.

Существенное влияние на длительность установления стабильного процесса сварки проволокой диаметром 0,8–1,6 мм оказывает размер вылета электрода (табл. 2). С его увеличением время начала сварки и величина разбрызгивания растут. С увеличением диаметра электрода более 1,6 мм роль размера вылета уменьшается. При сварке на малых значениях силы тока время начала сварки больше, чем на средних. Повышение напряжения холостого хода источника и напряжения сварки уменьшает длительность начала процесса. Однако, если длина дуги до обрыва больше расстояния между изделием и токоподводом, то после зажигания дуга может растянуться, перейти на токоподвод горелки и оплавить его. Поэтому при сварке тонкой проволокой с малыми вылетами электрода ограничивают напряжения холостого хода источника тока (рис. 3).

Наложение импульсов тока, имеющих высокие скорости нарастания силы тока в импульсе (200–300 кА/с), с частотой 25–100 м/с приводит к перегоранию электрода в месте контакта электрода с изделием, что ускоряет начало сварки и увеличивает провар в начале шва. Вибрация электрода с частотой 50 Гц и более также ускоряет начало сварки.

Уменьшение времени между сваркой отдельных швов до 3–10 с также улучшает начало сварки. При сварке порошковой проволокой начало сварки лучше, чем при сварке проволокой сплошного сечения.

Можно утверждать, что неполный провар соединений, наплывы и разбрызгивание в начале шва зачастую вызваны большой длительностью начала сварки при использовании серийно выпускаемых выпрямителей с недостаточными скоростями нарастания силы тока короткого замыкания, а также уве-

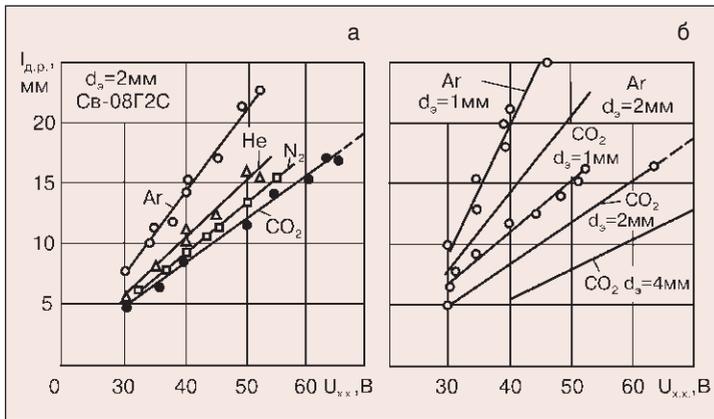


Рис. 3. Зависимость длины дуги до обрыва  $l_{д.р.}$  от рода защитного газа, напряжения холостого хода источника  $U_{х.х.}$  (а) и диаметра электрода (б). Обратная полярность

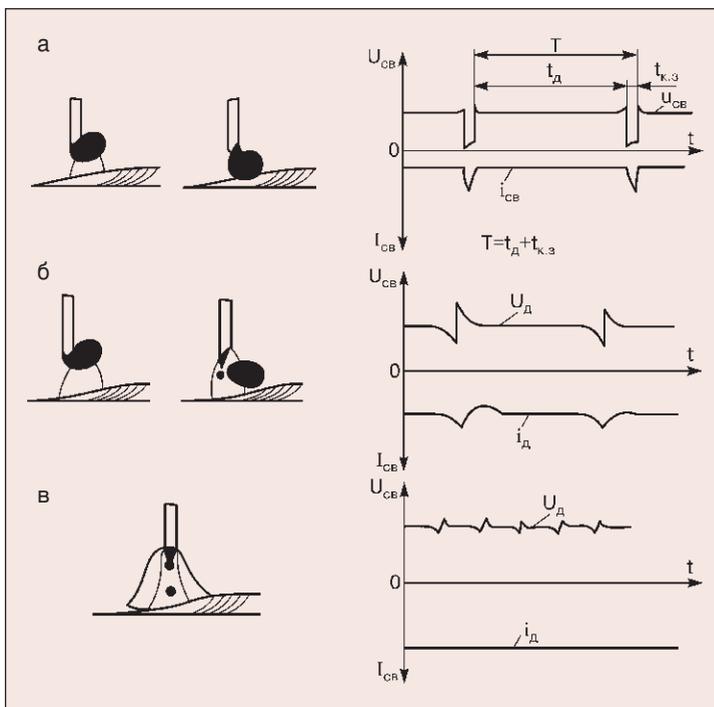


Рис. 4. Внешний вид разрядного промежутка и осциллограммы напряжения и силы тока при сварке стационарной дугой с естественными короткими замыканиями (а), без коротких замыканий (б), при струйном процессе (в):  $T$  — длительность цикла;  $t_d$  — длительность горения дуги;  $t_{к.з.}$  — длительность короткого замыкания;  $i_d$  — сила тока дуги

личением активного и индуктивного сопротивления сварочной цепи, что происходит при использовании сварочных кабелей заниженного сечения, некачественного соединения кабелей между собой и с изделием, а также укладки сварочных кабелей в кольца.

Стабильный процесс сварки должен обеспечить получение сварного соединения с неизменными заданными свойствами и размерами. Процесс можно считать стабильным, если электрические и тепловые характеристики его не изменяются во времени или же изменяются по определенной программе. Процессы сварки дугой с неизменяющимися во времени напряжением и силой тока дуги называют стационарными, а с изменяющимися во времени — нестационарными или импульсными.

В некоторых случаях при сварке наблюдаются кратковременные изменения длины дуги, напряжения и силы тока, вызванные переносом крупных капель, однако при стабильном процессе характеристики плавления электрода и изделия определяются не ими, а параметрами стационарной дуги.

По характеру протекания выделяют следующие виды стационарных процессов сварки (рис. 4): крупнокапельный с редкими короткими замыканиями дуги, крупнокапельный с непрерывным горением дуги, процесс с непрерывным горением дуги и переносом электродного металла каплями средней величины и струйный также с непрерывным горением дуги. Характерным признаком крупнокапельного процесса является образование на электроде крупных капель, в 1,5 раза и более превышающих диаметр электрода. При струйном процессе расплавленный металл на конце электрода формируется в виде конуса, с вершины которого отрываются капли диаметром менее 2/3 диаметра электрода. При процессе с капельным переносом и непрерывным горением дуги конус на торце электрода не образуется, а диаметр отрывающихся капель равен 0,8–1,5 диаметра электрода.

Сварка в защитных газах легко поддается управлению. Основным условием стабильности нестационарного (импульсного) процесса сварки является строго закономерное изменение напряжения, силы тока, длины дуги, и именно они определяют основные характеристики процесса (плавление и перенос электродного металла, проплавление детали и др.). Основные виды нестационарных импульсно-дуговых процессов сварки: с непрерывным горением дуги; с принуди-

Таблица 2. Рекомендуемые размеры вылета электрода для хорошего начала сварки в CO<sub>2</sub> и смеси Ar+25% CO<sub>2</sub>

Диаметр электрода, мм	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Вылет электрода, мм	8–12	10–14	10–15	10–17	12–20	15–25

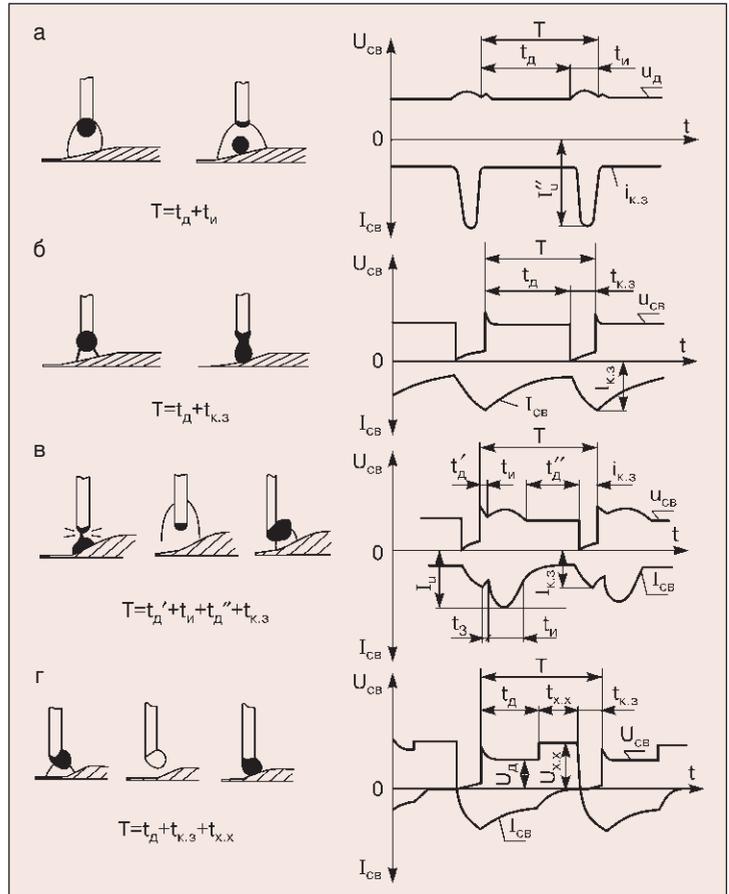


Рис. 5. Внешний вид разрядного промежутка и осциллограммы напряжения и силы тока при сварке нестационарной дугой при импульсно-дуговой сварке с непрерывным горением (а), с принудительными короткими замыканиями путем оплавления электрода током ЭДС элементов индуктивности (б), импульсом тока (в), с принудительными обрывами дуги (г): Т — длительность цикла;  $t_{д}$  — длительность горения дуги,  $t_{к.з}$  — длительность короткого замыкания,  $t_{и}$  — длительность импульса,  $t_{х.х}$  — длительность холостого хода

тельными короткими замыканиями дуги и с принудительными обрывами дуги (рис. 5).

Принудительные короткие замыкания дуги получают путем наложения импульса тока и перемещения капли за счет действия электродинамических сил или путем изменения силы тока за счет изменения плавления электрода и сил поверхностного натяжения. Процесс можно вести с наложением на дугу как импульсов одинаковых параметров, так и групп импульсов различных параметров (рис. 6). Энергию отдельных импульсов подбирают такой, чтобы они производили независимое управление отдельными

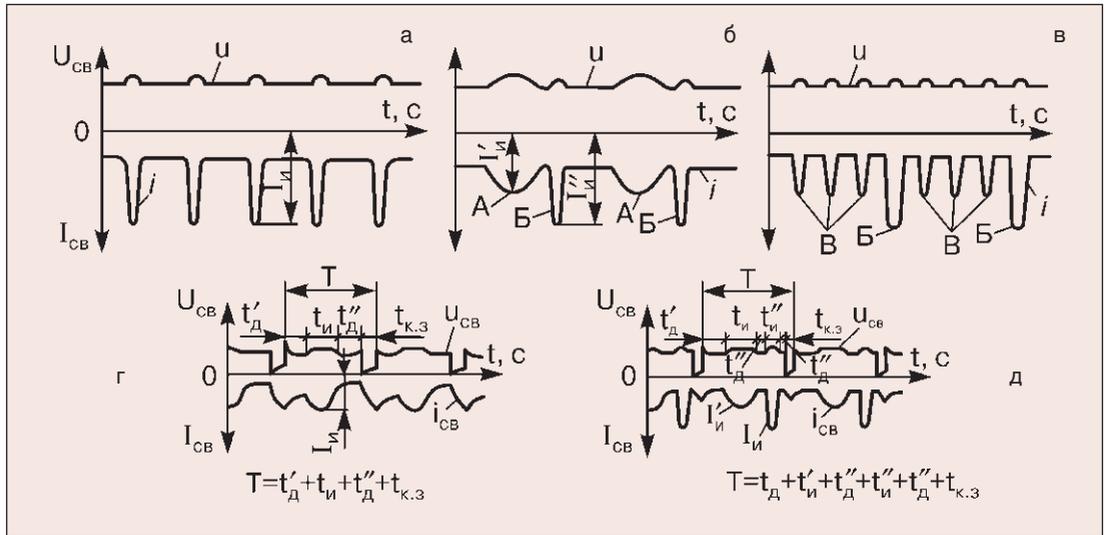


Рис. 6. Схемы изменения напряжения и силы тока при импульсно-дуговой сварке с импульсами одинаковых (а, г) и различных (б, в, д) параметров:  $t'_д$ ,  $t''_д$  — длительности горения дуги,  $t'_и$ ,  $t''_и$  — длительности импульса,  $I'_и$ ,  $I''_и$  — импульсы тока

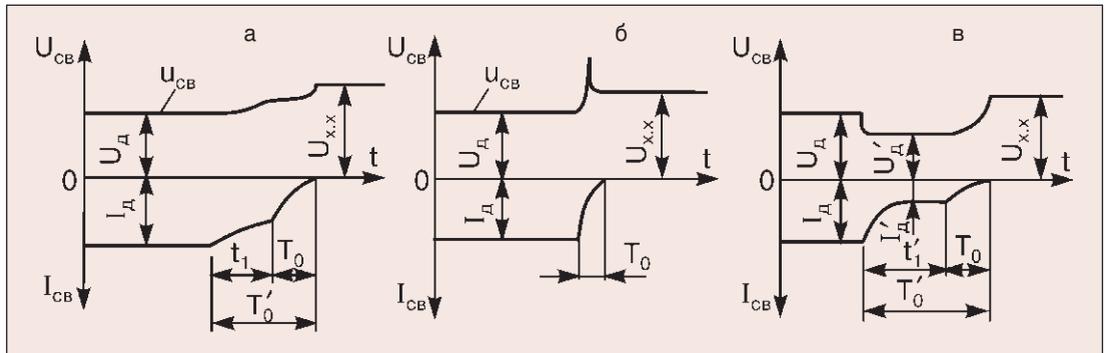


Рис. 7. Схемы изменения напряжения и силы тока при прекращении процесса сварки путем программирования напряжения и силы тока (а), остановки подачи электрода (б) и разрыва цепи (в):  $T_0$  — полная длительность прекращения процесса;  $t_1$  — длительность горения дуги пониженной мощности;  $t_1$  — длительность торможения электрода;  $T_0$  — длительность обрыва дуги

ми процессами при сварке. Например, при процессе с непрерывным горением дуги необходимо, чтобы первый импульс А интенсивно расплавлял электрод, а второй Б сбрасывал каплю с электрода в ванну или же первые импульсы малой длительности В стабилизировали горение дуги на малых значениях силы тока, а последний в группе импульс Б сбрасывал каплю с электрода. При сварке в  $CO_2$  тонкой проволокой (диаметром 0,6–1,2 мм) принудительные короткие замыкания задают путем снижения силы тока дуги по определенной программе (рис. 6, б, в). Процесс сварки с принудительными короткими замыканиями получают также путем пульсирующей подачи электрода или поступательно возвратной подачи электродной проволоки (вибрации) вдоль ее оси, создавая короткое замыкание и зажигание дуги при отрыве электрода и по-

вторное короткое замыкание и зажигание дуги при отрыве электрода. В варианте, показанном на рис. 6, г, принудительно создают короткие замыкания путем подачи электрода к изделию, при отведении электрода зажимают и обрывают дугу, и этот цикл непрерывно повторяют. Эти варианты процесса применяют при сварке тонкого металла, оцинкованной стали, термоупрочненных и закаливающихся металлов, при сварке и наплавке разнородных металлов, вибродуговой наплавке.

Управлять процессом можно также путем наложения на электрод, дугу или сварочную ванну внешних стационарных, импульсных или высокочастотных магнитных полей. При этом удастся изменить характеристики дуги, перемещение дуги и капли на электроде, а также кристаллизацию шва. На процесс сварки можно влиять также изме-

нением давления струи или состава защитного газа или введением с электродом веществ, изменяющих эффективный потенциал ионизации дугового газа или поверхностное натяжение жидкой капли. Сочетание процесса сварки плавящимся электродом с плазменной дугой или лазером позволяет резко увеличивать глубину провара и скорости сварки.

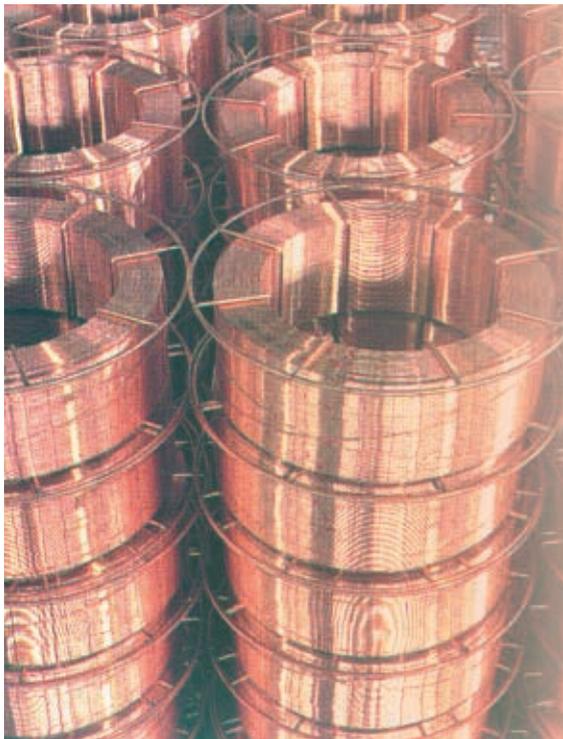
Прекращение процесса сварки также оказывает большое влияние на качество сварного соединения. При использовании современных источников питания прекращение сварки производят путем снижения напряжения и уменьшения скорости подачи электродной проволоки (силы тока сварки) для заварки кратера, после заварки кратера выключают электродвигатель подачи электродной проволоки, а после обрыва дуги и затвердевания кратера шва отключают напряжение и подачу защитного газа (рис. 7, а). Эта программа обеспечивает заварку кратера, отсутствие разбрызгивания, небольшой вылет электрода и формирование на конце электрода небольшой капли, а также качественное начало следующего шва без выполнения дополнительных операций. При сварке на малых значениях силы тока прекращение процесса производят путем остановки подачи электродной проволоки без выключения напряжения источника то-

ка и отключения подачи защитного газа (рис. 7, б). Однако при сварке на силе тока более 150 А дуга оплавляет остановившуюся проволоку, на конце электрода остается крупная окисленная капля, кратер шва остается незаваренным. После обрыва дуги прекращают подачу защитного газа.

Если напряжение холостого хода источника тока велико, то дуга может, оплавляя остановившуюся электродную проволоку, перейти на токоподвод и оплавить его. Эта схема прекращения сварки не обеспечивает качественного начала следующего шва без удаления крупной капли.

Прекращение процесса путем растягивания дуги до обрыва путем отведения держателя (рис. 7, в) приводит к образованию на конце электрода крупной окисленной капли и нарушению защиты газом жидкой ванны.

Таким образом, для получения качественного сварного соединения в большинстве случаев сварочная установка должна обеспечивать синхронное изменение напряжения источника тока, скорости подачи электродной проволоки, включение и выключение защитного газа, а в ряде случаев также изменение скоростей нарастания силы тока короткого замыкания в сварочной цепи. Реализуются эти изменения блоком управления, общим для механизма подачи электродной проволоки и источника тока. ● #862



### Новая линия по изготовлению порошковой проволоки



В декабре ушедшего года в электродном цехе ММК–Метиз начала работать новая линия «ЛИП–10–19 М» по изготовлению порошковой проволоки для внепечной обработки чугуна и стали. Линия произведена заводом тяжелого машиностроения (Алматы), контракт с которым был подписан в марте 2006 г., сообщает пресс-служба компании.

Необходимость приобретения нового оборудования вызвана большой загрузкой имеющихся мощностей. Выход на проектную мощность в 400 т планируется в феврале. Это позволит значительно увеличить возможности электродного цеха ММК–Метиз по изготовлению проволоки для внепечной обработки.

В Магнитогорске работает одно из самых динамично развивающихся производств сварочных и наплавочных материалов. Электродный цех с американским оборудованием был основан еще в 1949 г. В 2004 г. началось производство нового вида продукции — порошковой проволоки для внепечной обработки металлургических расплавов. Все сварочные и наплавочные материалы, производимые на предприятии, сертифицированы в соответствии с международными стандартами системы менеджмента качества.

ММК–Метиз постепенно наращивает объемы выпуска электродной продукции. Производство порошковой проволоки с 5,25 тыс. т в 2005 г. выросло почти до 8 тыс. т в 2007 г.

Согласно программе технического перевооружения завода до 2015 г., в структуре инвестиций 10% занимают вложения в развитие производства электродов.

[www.ugmk.info](http://www.ugmk.info)

# Свойства соединений дуплексной нержавеющей стали SAF 2205, выполненных электронно-лучевой сваркой

Zita Izdinska, PhD, Frantisek Kolenic, PhD, Prva Zvaracska a.s. (Братислава, Словацкая Республика)

*Дуплексная нержавеющая сталь — это двухфазная сталь с аустенитно-ферритной структурой. Оптимальное соотношение аустенита и феррита составляет 50%. Используется главным образом при сварке конструкций, работающих в коррозионно-активных средах. Сварку дуплексных сталей классическими дуговыми способами изучали многие авторы, и она в настоящее время достаточно известна. До сих пор, однако, сварка дуплексных сталей электронным пучком и лазерным лучом считалась менее подходящей. В данной работе представлены результаты исследований электронно-лучевой сварки дуплексных аустенитно-ферритных сталей.*

Главной проблемой при сварке дуплексных сталей электронным пучком является низкое содержание аустенита в свариваемом металле вследствие высокой скорости его охлаждения, что характерно и для электронно-лучевой сварки. Единственная возможность — это одновременное или последовательное увеличение количества теплоты, вносимой в сварное соединение.

Типичная дуплексная сталь с содержанием 28% Cr и более 4% Ni и первичным ферритом лишь при охлаждении начинает менять  $\alpha$ -фазу на  $\gamma$ -фазу в зависимости от продолжительности диффузии. При больших скоростях охлаждения может иметь место трансформация феррита в аустенит, когда большая часть феррита вытесняется.

Авторами исследовано влияния температуры на содержание феррита в свариваемом

металле при электронно-лучевой сварке дуплексной нержавеющей стали. Предполагается, что температура в процессе сварки будет влиять на скорость и время охлаждения металла шва дуплексной стали и, следовательно, на диффузионные изменения  $\alpha \rightarrow \gamma$  с последующим изменением количественного отношения фаз феррит/аустенит в металле сварного шва.

## Экспериментальные материалы и программы экспериментов

Все эксперименты проводили на образцах из дуплексной нержавеющей стали Sandvik Sanmac SAF 2205. Химический состав и механические свойства стали приведены в табл. 1 и 2.

Образцы были сварены электронным пучком без присадочного материала. Лишь при сварке образца номер № 8 использовали присадочный материал в виде кольца фольги толщиной 0,5 мм из аустенитной хромоникелевой стали 17240, который был помещен между двумя основными материалами. Этот присадочный материал, по мнению авторов, способствует увеличению соотношения аустенита и феррита в металле шва. Большее процентное содержание никеля (элемент, повышающий количество аустенита) должно было повлиять на увеличение количества аустенита в металле шва.

Всего с использованием электронно-лучевой сварки было изготовлено 13 опытных образцов. Образцы имели вид трубок с толщиной стенки 5 мм; внешний диаметр — 63 мм и внутренний — 53 мм. На трубках выполняли круговые швы. Технология выполнения соединений была следующей:

- образцы № 0–№ 4 были сварены без подогрева;
- образцы № 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 — с подогревом;
- образец № 8 был единственным, изготовленным с промежуточным кольцом из стали 17240 без подогрева.

Таблица 1. Химический состав стали SANMAC SAF 2205, масс. доля, %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
0,017	0,47	0,79	0,021	0,001	22,17	5,27	3,17

Таблица 2. Механические свойства стали SANMAC SAF 2205 при температуре 20 °C

Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , МПа (мин.)	Предел текучести $\sigma_{1,0}$ , МПа (макс.)	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ (мин.), %	Твердость HRC <sub>3</sub> (макс.)
450	500	680–880	25	28

Полное проплавление достигалось уже при силе тока электронного пучка 28,8 мА и фокусировке на поверхности основного материала 470 мА (образец № 0). Для сравнения и выбора оптимальных параметров образцы изготовили при более высокой силе тока электронного пучка и расфокусировке (образцы № 1 и 2). Для образцов №№ 3 и 4 фокусировка была восстановлена на поверхности основного материала, была увеличена сила тока электронного пучка (образец № 3 – 38,8 мА, образец № 4 – 48,8 мА) при одновременной его осцилляции с частотой колебаний 21 Гц и амплитудой 0,5 мм для образца 3 и 1 мм – для образца 4. Для следующих образцов применяли те же параметры процесса плюс подогрев.

Параметры сварки приведены в табл. 3.

В процессе подогрева была осуществлена комбинация расфокусировки и осцилляции электронного пучка с последующим охлаждением в вакууме. Для осцилляции электронного пучка использовали двухканальный генератор синусоидального/косинусоидального тока в отклоняющих катушках пушки. Данные испытаний:

- сила тока электронного пучка 18,8 мА;
- сила тока расфокусировки 100 мА;
- осцилляция электронного пучка, генерированного синусоидальным током с фазовым смещением 90° и частотой колебаний 21 Гц;
- количество проходов – от 1 до 5.

Подогрев использовали при сварке образцов №№ 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12.

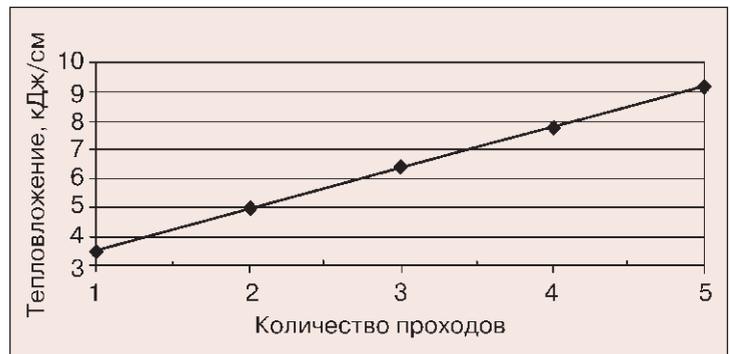
Тепловложение в каждом проходе повышалось от 3,525 кДж/см при одном проходе до 9,9125 кДж/см – при пяти проходах. Сварка образцов №№ 6 и 7 проходила при более высокой силе тока электронного пучка – 38,8 мА, общее тепловложение (тепловложение при сварке + тепловложение при подогреве) составляло наибольшую величину – 9,9225 кДж/см. Из практики сварки дуплексной стали SAF 2205 дуговыми способами было установлено верхнее допустимое значение тепловложения, равное 25 кДж/см. В нашем случае тепловложение при сварке с подогревом (9,9225 кДж/см) было ниже этого граничного значения (рис. 1).

### Результаты исследования

**Измерение количества феррита в сварных соединениях, выполненных электронно-лучевой сваркой.** Определение доли феррита во всех 13 типах образцов сварных соединений осуществляли при помощи

**Таблица 3. Параметры сварки: ускоряющее напряжение 60 кВ, сила тока фокусировки 570 мА, скорость сварки 8 мм/с, расстояние от электронной пушки до поверхности 214 мм, давление остаточной среды в вакуумной камере и электронной пушке менее  $5 \cdot 10^{-2}$  Па**

Номер образца	Сила сварочного тока, мА	Изменение силы тока при фокусировке, мА	Напряжение осцилляции, В	Количество проходов	Тепловложение, кДж/см
0	28,2	0	–	1	2,115
1	38,3	–10	–		2,872
2	48,2	–20	–		3,615
3	38,8	0	2		2,872
4	48,8	0	4		3,615
5	28,2	0	–	1+подогрев	2,155+7,05
6	38,8	–10	–		2,872+7,05
7	38,8	0	2		2,872+7,05
8	38,8	–10	–	1	2,872
9	28,2	0	–	1+подогрев	2,155+1,52
10	28,2	–10	–		2,115+3,04
11	28,2	0	2		2,115+4,56
12	28,2	–10	–		2,115+6,06



измерителя Feroscope MP 30 фирмы Fisher. В устройстве использован принцип магнитной индукции, когда количество феррита определяют на основе магнитной проницаемости. Перед измерением прибегают к проверке прибора по эталону с содержанием 50% феррита.

Процентное содержание феррита было установлено в металле сварных швов всех 13 образцов двумя способами:

1. Непрерывным продольным и поперечным относительно оси сварного соединения измерением, когда среди полученных при изменении значений количества феррита отмечали только максимальные.

2. Оценочным методом по четырем дискретным показателям в металле сварного шва.

Результаты непрерывного измерения показаны на рис. 2.

**Рис. 1. Зависимость тепловложения энергии от числа проходов**

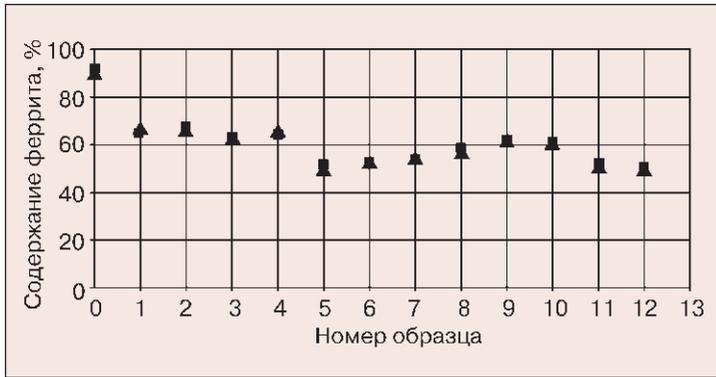


Рис. 2. Максимальное количество феррита в металле сварочного шва, измеренное в продольном (■) и поперечном (▲) направлениях к его плоскости симметрии

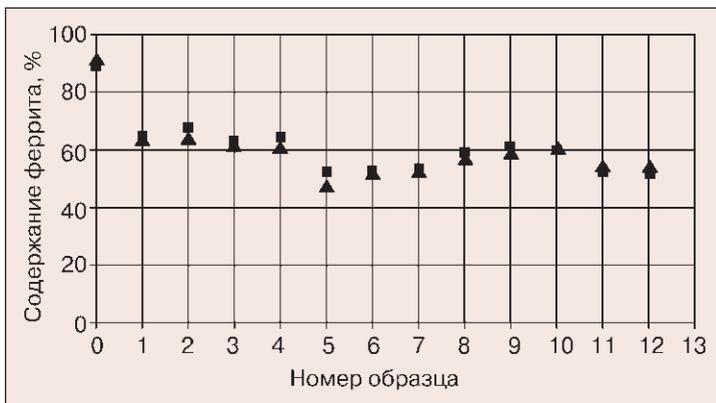


Рис. 3. Сравнение максимального (■) и усредненного (▲) количества феррита в металле шва

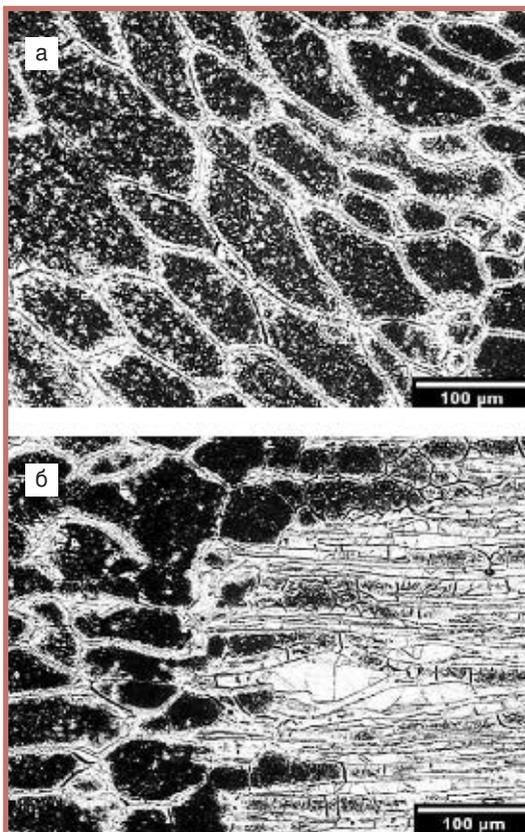


Рис. 4. Микроструктура металла шва (а) и зона термического влияния образца № 0 (б)

Непрерывными продольным и поперечным проходами можно проследить изменение процентной доли феррита в металле шва. Из спектра этих значений выбраны максимальные. На рис. 3 сравниваются результаты непрерывных измерений и оценочные данные в четырех точках металла шва. Из проведенных измерений следует, что образцы различались по содержанию феррита.

Из рис. 2 следует, что наибольшее процентное содержание феррита было в образце № 2: 67,2% — при измерении в поперечном направлении и 67,7% — при измерении вдоль оси соединения. Максимально низкие значения были в образце № 5: 50,3% — поперечное измерение и 52,1% — измерение вдоль оси соединения. Из сравнения максимальных и минимальных значений следует, что изменением параметров сварки и применением подогрева удалось снизить максимальное содержание феррита на 17% в поперечном направлении и на 16% — в продольном относительно оси.

Изменение процентного содержания феррита означает, что величина подогрева образца и максимальное процентное содержание феррита в поперечном и продольном к оси соединения направлениях взаимосвязаны. Образцы №№ 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 были сварены с подогревом при тепловложении 9,20; 9,92; 9,92; 3,67; 5,15; 6,66 и 8,17 кДж/см. Самое значительное понижение содержания феррита было обнаружено в образцах № 9 (подогрев с тепловложением 3,67 кДж/см) и № 10 (5,15 кДж/см). Образец № 12 с тепловложением 8,17 кДж/см имел самое низкое содержание феррита в металле шва, то же содержание феррита имели образцы № 5 (9,20 кДж/см) и № 11 (6,66 кДж/см). По-видимому, при наибольшем подогреве (9,92 кДж/см) доля феррита стала повышаться в образцах № 6 и 7.

**Исследование структуры сварных соединений.** Металлографические исследования проводили на всех образцах сварных соединений. При рассмотрении микроструктуры подтвердилась сплошность всех типов образцов, без трещин и пор.

Представленные микроструктуры сварных соединений получены с помощью микроскопа. На рис. 4, а показана микроструктура металла шва образца 0, полученного без дополнительного тепловложения. Матрица металла сварного шва была создана ферритом с явно выраженным когерентным выделением (преципитацией). По границам зерен можно видеть включения аустенита. В сред-

Таблица 4. Результаты измерения твердости HV (образцы 0–12)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
291,1	266,2	261,4	271	262	244,1	239	242	252	274,8	281,3	255,2	242,5

ней и корневой частях металла шва ферритное зерно приобрело частично полиэдрический характер. На *рис. 4, б* представлена микроструктура ЗТВ образца № 0. Выраженное налипание границ феррита в ЗТВ может характеризовать наличие включений. На границах аустенита не было выраженных налипаний и присутствия включений.

Микроструктура образца № 5, сваренного с подогревом (9,165 кДж/см), представлена на *рис. 5*. В верхней части шва (*рис. 5, а*) произошло уплотнение структуры. В этой области можно увидеть типичные зерна феррита по границам с включениями аустенита, которые имели частичный дендритный характер и в некоторых областях игольчатую морфологию. В средней и корневой частях металла шва произошло утончение зерна, которое приобрело полиэдрический характер. Матрица по границам зерен имеет ферритно-аустенитную решетку. Аустенит вкраплен внутрь ферритных зерен в форме массивных частиц.

**Измерение твердости.** Микротвердость определяли по Виккерсу в обычных условиях в материале сварных швов всех типов образцов. Средняя величина, как минимум, пяти измерений в металле швов каждого образца приведена в *табл. 4*. Твердость основного материала равнялась 255 HV.

На *рис. 6* представлен график выполненных измерений твердости металла сварных швов и их сравнение с твердостью основного металла. Твердость металла швов обычно выше, чем твердость основного металла. Эти различия при сварке дуплексных сталей с использованием электронно-лучевой сварки связаны с высокой скоростью охлаждения металла сварного соединения, возникновением большего количества частиц твердого феррита и пониженной пластичностью металла шва.

Это явление можно четко увидеть на образце № 0, который был взят за основу и который не подвергали никакой дополнительной обработке для снижения содержания феррита в металле шва. Самая низкая твердость металла шва была определена на образцах №№ 5, 6, 7, 12. Твердость металла швов этих образцов колебалась на уровне твердости основного металла, что отвечает замерам, свидетельствующим о самом низ-

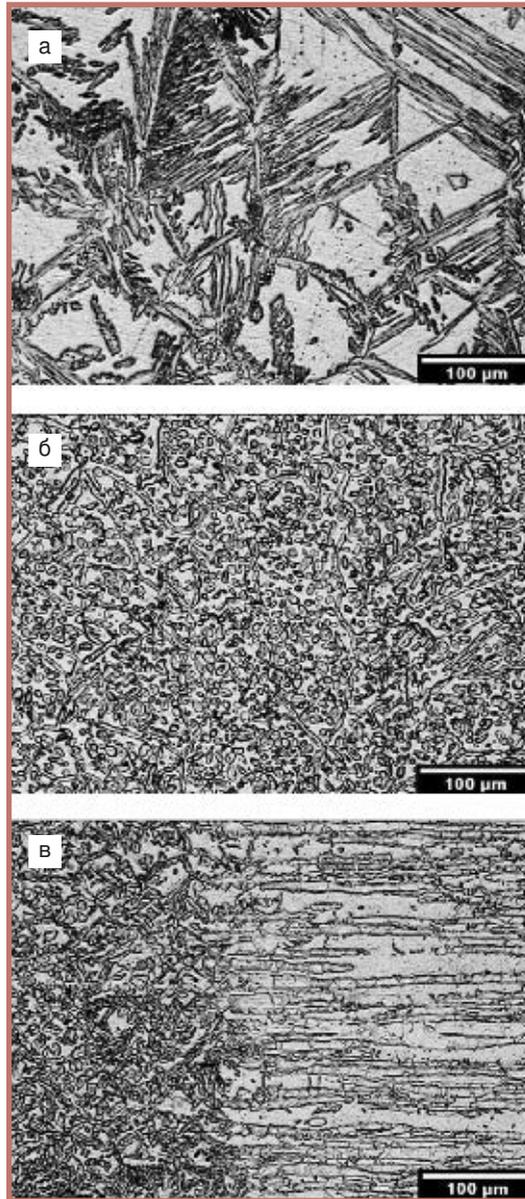


Рис. 5. Микроструктура образца № 5: а — верхняя часть сварного шва; б — центральная часть; в — зона термического влияния

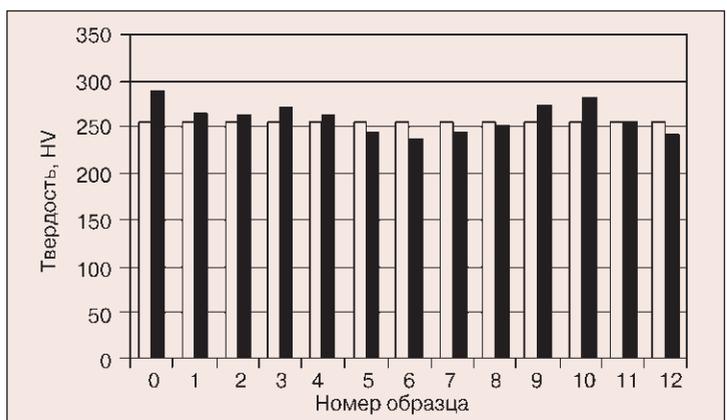


Рис. 6. Твердость металла сварного шва и основного металла: □ — металл шва; ■ — основной металл

ком количестве частиц феррита в металле шва. Разница значений твердости металла шва образца № 0 и образца № 5, сваренного с подогревом (9,165 кДж/см), составила 52 HV, что свидетельствует о снижении твердости на 17,8%.

На основании анализа результатов исследований сварных соединений дуплексной нержавеющей стали Sanmac SAF 2205, выполненных электронно-лучевой сваркой, можно констатировать:

Было изготовлено 13 видов сварных соединений с помощью электронно-лучевой сварки. Соединения отличались количеством тепловложения при подогреве и параметрами сварки.

Результаты измерений относительного содержания феррита в металле шва и основном материале с помощью устройства Fegoscope MP 30 позволили определить содержание феррита в отдельных соединениях. Показано, что подогревом можно снизить содержание феррита в металле шва на 16 %.

Уровень тепловложения при подогреве повлиял на содержание феррита в металле шва. Наиболее благоприятным был подогрев с тепловложением от 6,345 до 9,165 кДж/см.

Сварные соединения оценивали с точки зрения целостности и формы соединения. Ни в одном случае не были обнаружены трещины или поры. В большинстве случаев имели место непровары в корне шва.

На сварных соединениях с помощью микроскопа осуществляли детальные наблюдения микроструктуры. Структура исследуемого металла состояла из глобулярных зе-

рен феррита по границам с включениями аустенита. На образцах, сваренных с подогревом, измельчалось зерно, и аустенит проник в ферритные частицы. На поверхности этих соединений наблюдалась утолщенная структура, вызванная многократным прохождением электронного пучка при подогреве швов.

Измерения выявили снижение твердости сварного шва в образцах, сваренных с подогревом. Это снижение проявлялось в образцах с самым низким содержанием частиц феррита, сваренных с подогревом (9,165 кДж/см), и составляло до 17,8%.

Количество тепловложения с помощью управляемого подогрева при сварке позволяет влиять на содержание частиц феррита в металле шва, что проявляется как снижение твердости.

Применение промежуточного кольца из аустенитной стали 17240 в качестве присадочного материала (образец № 8) не привело к снижению количества феррита в металле шва. Исследования свидетельствуют, что количество феррита в металле шва определяется количеством тепловложения, т. е. подогревом при сварке.

Количество феррита в сварном соединении значительно влияет на его коррозионную стойкость, в дальнейшем было бы необходимо разработать программу экспериментов в этом направлении. Более глубокие металлографические исследования также могли бы способствовать детальному изучению поведения металла шва при затвердевании.

● #863

### Международная научно-техническая конференция

## Технологии и оборудование ЭЛС-2008

19–22 мая 2008, Санкт-Петербург

*Организаторы: Федеральное агентство по науке и инновациям, правительство Санкт-Петербурга, Комитет экономического развития, промышленной политики и торговли, ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт материалов», Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Общественная организация «Санкт-Петербургское общество научно-технических знаний, ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», ЗАО «Орма»*

#### Основные направления работы конференции:

- Технологии ЭЛС.
- Работоспособность сварных конструкций.
- Оборудование для ЭЛС.
- Моделирование физических процессов ЭЛС и работы электронно-оптических систем установок.
- Экономические аспекты применения ЭЛС.

#### Координаты Оргкомитета:

*Ученый секретарь конференции —  
Тихонова Лариса Борисовна*

*Тел./факс (812) 394 1461; 570 5558*

*Тел. моб. 8-921-183 0669*

*e-mail: ontz@peterlink.ru; tichonovalb@yandex.ru*



# ОКБ «БУЛАТ»

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ЛАЗЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ И РЕЗКИ

**Автоматизированная лазерная установка LRS-150AU** предназначена для лазерной сварки и резки плоских и цилиндрических деталей и узлов, импульсной наплавки, поверхностного термоупрочнения, прошивки отверстий. Управление установкой с ПК. Дополнительно поставляется технологическая оснастка.

- Средняя оптическая мощность — 150 Вт
- Максимальная энергия в импульсе — 60 Дж
- Работа с файлами .dxf



**Стационарная установка HTS-100** предназначена для лазерной сварки и наплавки в ручном режиме, выполнения прихваточных операций. Рабочее место оснащено оперативным столиком с возможностью перемещения по вертикали. Установка может комплектоваться волоконной доставкой излучения, различными насадками и автономными системами охлаждения.

- Средняя выходная мощность — от 100 Вт
- Энергия в импульсе — от 40 Дж

**С помощью представленного оборудования и разработанных технологий решаются задачи:**

- ремонтно-восстановительных операций в инструментальном производстве;
- герметизации корпусов РЭА методом импульсной сварки;
- операций изготовления нежестких оболочковых конструкций;
- локального термоупрочнения поверхностей высоконагруженных узлов;
- подварки образцов при сборочных операциях;
- раскроя листового металла и цилиндрических поверхностей;
- выполнения глубокой гравировки.

**Оригинальные технические решения и высокая культура производства обеспечивают конкурентоспособность производимого оборудования на европейском рынке.**

**Оборудование успешно работает более чем в 20 странах.**



Полный модельный ряд оборудования представлен на нашем сайте

[www.laser-bulat.ru](http://www.laser-bulat.ru)

124489 Москва, Зеленоград, Панфиловский проспект, 10

Тел./факс +7 (495) 535-13-80, 534-96-84

E-mail: [laser@bulat.comnet.ru](mailto:laser@bulat.comnet.ru) [www.laser-bulat.ru](http://www.laser-bulat.ru)

Представительство в Украине: НТК «ИЭС им. Е. О. Патона». Тел. +38 044 287-26-55



**WELDOTHERM®**

G.M.B.H. ESSEN

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



Оборудование для термической обработки из Эссена  
«Ваш партнер для проведения термообработки»

**ООО «Велдотерм-Украина»**

Филиал Weldotherm® GmbH Essen, Германия

Украина, 77311, Ивано-Франковская обл., г. Калуш-11, а/я 18  
Т./ф. (03472) 6-03-30. E-mail: weldotherm@kl.if.ukrtel.net  
[www.weldotherm.if.ua](http://www.weldotherm.if.ua)

15 лет на рынке сварочного оборудования Украины



предприятие  
**«Триада-Сварка»**  
г. Запорожье

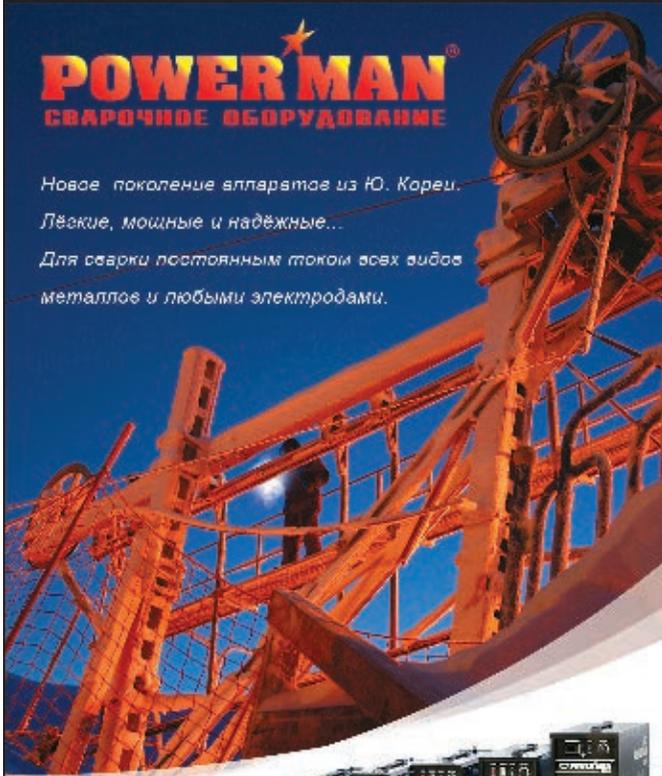
- Электрогазосварочное оборудование
- Горелки к полуавтоматам
- Электрододержатели
- Пусконаладочные работы
- Ремонт сварочного оборудования, в том числе сложного
- Технологическое обеспечение сварочных процессов
- Автоматизированные сварочные линии и комплексы
- Проволока алюминиевая марки Al Mg 5 Ø 1,2 мм, Al Si 5 Ø 1,2 мм



тел. (061) 233 1058, (0612) 34 3623,  
(061) 213 2269, 220 0079 e-mail: weld@triada.zp.ua  
Сервисный центр: (061) 270 2939. [www.triada-weld.com.ua](http://www.triada-weld.com.ua)

**POWER MAN®**  
СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Новое поколение аппаратов из Ю. Кореи.  
Легкие, мощные и надежные...  
Для сварки постоянным током всех видов металлов и любыми электродами.



**ROYAKS KOREA**

(495) 229-37-37, 443-10-97  
[WWW.ROYAKS.RU](http://WWW.ROYAKS.RU)



**ИНДУСТРИАЛЬНО-МЕТИЗНЫЙ СОЮЗ**

Проволока стальная сварочная  
ГОСТ 2246-70, Ø 0,6-5,0 мм, без покрытия  
и омедненная (СВ08А, СВ08Г2С);  
мотки/кассеты 5–18 кг.

А также:

- ◆ Канат стальной
- ◆ Арматурные стабилизированные пряди
- ◆ Канат капроновый
- ◆ Канат полипропиленовый
- ◆ Проволока стальная (пружинная, канатная, ОК, ОЦ, т/о, ВР-1, ВР-2, СТАП)
- ◆ Сетка (тканая, плетеная, сварная, рифленая)
- ◆ Фибра стальная



[www.imu.com.ua](http://www.imu.com.ua)

сбыт: (048) 711-1717  
маркетинг: (048) 719-0546  
тех. управление: (048) 711-1700

# Электротермические установки сопротивления типа ST

П. М. Корольков, ООО «Нагрев» (Москва)

В последние годы увеличивается объем работ по местной термической обработке сварных соединений при строительстве и ремонте трубопроводов и сосудов давления, на заводах нефтехимической, нефтеперерабатывающей и химической промышленности, на предприятиях по добыче нефти и газа, особенно в условиях холодного климата и зонах с повышенным содержанием сероводорода в добываемых средах.

Местной термической обработке подвергают сварные соединения трубопроводов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей диаметром до 1020 мм с толщинами стенок до 30–40 мм. При такой термообработке основным является метод нагрева электросопротивлением с использованием многоканальных автоматических программных установок, позволяющих одновременно проводить обработку несколь-

ких одинаковых или различных сварных соединений. Для этих целей в России монтажные и ремонтные организации используют установки, выпускаемые различными фирмами технически развитых стран («Курай» и «Ремонтные технологии», Россия, «Велдотерм», Германия, «Делта», Италия, «Фофуми», Франция и др.) Однако наиболее распространенными являются электротермические установки типа ST, выпускаемые фирмой «Сокол-Терм» (Германия).

Фирма «Сокол-Терм» производит 15 видов установок типа ST мощностью 50–198 кВт с 6–24 автономными каналами нагрева (табл. 1, рисунок). Установки изготавливают в однокорпусном исполнении. В верхней части находятся автоматический регистрирующий потенциометр, программные устройства ТС–60, амперметры, сигнальные кнопки, регулирующие тумблеры. Автоматические регистрирующие потенци-

Таблица 1. Техническая характеристика установок для нагрева фирмы «Сокол-Терм»

Тип	Мощность, кВт	Количество каналов нагрева, шт.	Количество точек измерения температуры, шт.	Количество программных устройств, шт.	Количество подключаемых электронагревателей (2,7 кВт, 60 В), шт.	Сила тока, А		Масса, кг
						суммарная	на канале нагрева	
ST 50–6–3	50	6	≥6	6	18	810	135	440
ST 50–9–2	50	9	≥9	9	18	810	90	475
ST 66–6–4	66	6	≥6	6	24	1080	180	450
ST 66–12–2	66	12	12	6	24	1080	90	500
ST 82–6–5	82	6	≥6	12	30	1350	225	530
ST 98–12–3	98	12	12	6	36	1620	135	600
ST 98–6–6	98	6	≥6	6	36	1620	270	530
ST 130–6–8	130	6	≥6	12	48	2160	360	720
ST 130–12–4	130	12	12	12	48	2160	180	760
ST 150–6–9	150	6	≥6	6	48	2160	360	780
ST 150–12–4	150	12	12	12	48	2160	180	800
ST 150–24–2	150	24	24	24	48	2160	90	820
ST 198–6–12	198	6	≥6	6	72	3240	540	870
ST 198–12–6	198	12	12	12	72	3240	270	890
ST 198–24–3	198	24	24	24	72	3240	135	920

Примечания: 1. Первичное напряжение 380/400 В, 50 Гц; вторичное напряжение 30 или 60 В. 2. Каждый программатор имеет в памяти пять программ. 3. В обозначении типов установок две или три цифры — мощность, кВт (50, 192), следующая одна или две цифры — количество каналов нагрева (6, 12), следующие одна или две цифры — количество секций электронагревателей в каждом канале нагрева (3, 12). 4. Установки типа ST могут быть дополнены вариантом ST-Turbo, допускающим кратковременное (1–5 мин) увеличение мощности электронагревателей в каналах нагрева до 30%. 5. Габаритные размеры всех установок 800×850×1450 мм.

ометры обеспечивают регулировку, контроль и регистрацию температуры нагрева до 1200 °С. Программные устройства ТС-60 имеют пять программ, которые легко могут быть включены в работу оператором-термистом.

В нижней части корпуса установки находятся трехфазные трансформаторы, обеспечивающие автономное регулирование нагрева по каждому каналу. При неисправности автоматического регулирования нагрева установка работает в ручном режиме. Установка обеспечивает автоматическое программное управление нагревом в двухпозиционном регулировании (включил-выключил) без плавного регулирования электрических параметров нагрева.

Колеса и рукоять для маневрирования позволяют перемещать установку по строи-

тельной площадке с помощью подъемного крана, погрузчика или вручную. Установки комплектуют гибкими электронагревателями мощностью 2,7 кВт (45 А, 60 В) различных размеров, имеющими одинаковую площадь поверхности (примерно 650 см<sup>2</sup>). Электронагреватели могут быть выполнены в виде плоских секций, нагревательных лент и кабелей, муфельных электронагревателей, которые подбирают в зависимости от диаметра труб (табл. 2). Плоские секции можно комплектовать магнитными элементами, позволяющими крепить электронагреватели на вертикальных поверхностях.

В комплект входят теплоизоляционные материалы нескольких типов, термопары, термоэлектродные провода, устройства для крепления электронагревателей и теплоизоляции, электрические провода и др.

**Таблица 2. Нагревательные маты и кабели для труб различного диаметра**

Размеры труб, мм		Характеристика электронагревателей напряжением 60 В			
диаметр	толщина стенки	вид	размеры, мм	количество, шт.	
Не более 159	Не более 10	Нагревательный кабель	1060×45	1	
	11–25			2	
	Не более 10	Одиночный кабель	4550×12	1	
	11–25			2	
От 159 до 219	Не более 15	Нагревательный мат	540–620×90	1–2	
	16–45			2–4	
219	16–45		360×130	2–4	
От 219 до 325	Не более 15		435×110	435×110	2–3
	16–30				3–4
	31–45				4–5
От 325 до 426	Не более 15		435–620×90–110	435–620×90–110	2–3
	16–30				4–5
	31–45				6–7
От 426 до 625	Не более 15		540–620×90	540–620×90	3–4
	16–30				5–6
	31–45				8–9
	46–60				11–12
От 625 до 720	Не более 15		540–620×90	540–620×90	3–4
	16–30				6–7
	31–45				9–10
	46–60	12–14			
От 720 до 925	Не более 15	540–590×90	540–590×90	4–6	
	16–30			8–10	
	31–45			12–15	
	46–60			16–20	
От 920 до 1020	Не более 15	620×90	620×90	5	
	16–30			10	
	31–45			15	
	46–60			20	

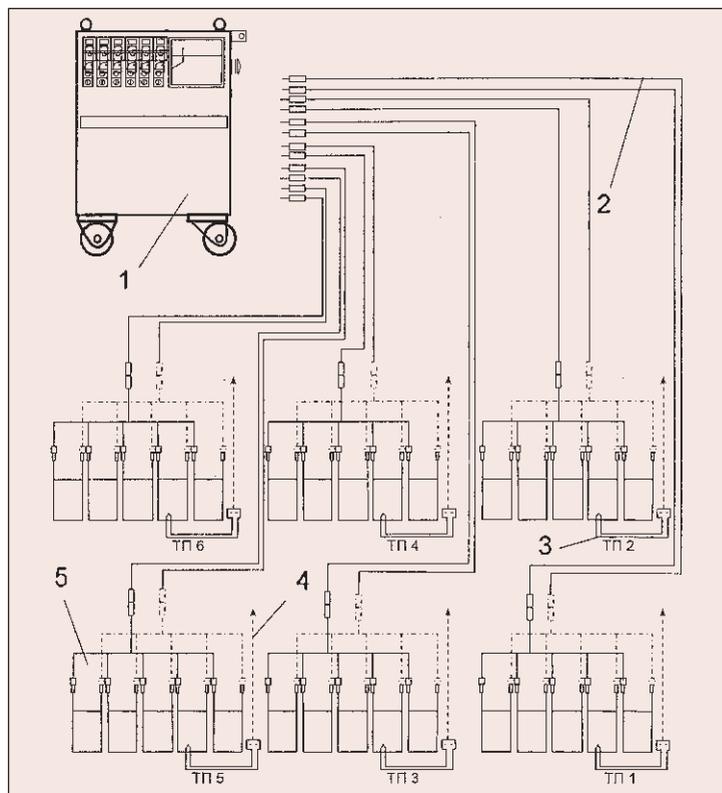


Рисунок. Принципиальная схема электротермической установки ST 66–4: 1 — корпус; 2 — соединительные провода; 3 — терморелы; 4 — термоэлектрические провода; 5 — секции электронагревателей

Предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие:

- контроль температурного режима при работе трансформатора с принудительным отключением при перегрузке или коротком замыкании;
- принудительное охлаждение трансформатора;
- полное отключение всей установки аварийным релейным грибовидным выключателем;
- аварийное отключение и сигнализацию при перегреве трансформатора и невыполнении температурного режима, обрыва терморелы.

Электротермические установки типа ST применяют во многих странах СНГ (Украине, Белоруссии, Казахстане, Узбекистане и др.)

● #864

## РЕЦЕНЗИЯ

Издательство «Экотехнология» в 2006 г. выпустило книгу

### Г. И. Лашенко «Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом»

В монографии представлены обобщенные сведения о различных способах дуговой сварки стали плавящимся электродом (ДСПЭ).

**В первой главе** приведены структурные схемы способов ДСПЭ и сведения о свариваемости сталей. В основу построения структурных схем положен энергетический принцип, отражающий связи между субъектами технологического процесса сварки. На основе анализа структурных схем автором сделан важный вывод о том, что, варьируя количество субъектов технологического процесса сварки, их энергетические и другие характеристики, место и время подачи рассчитанной энергии, можно создавать разнообразные методы сварки и металлообработки.

**Во второй главе** приведены оценочные характеристики дуговых способов сварки, к которым отнесены энергетическая эффективность, формирование швов, производительность и экологическая безопасность. Особо следует выделить данные о современных представлениях механизма формирования шва.

**Третья глава** содержит информацию о способах сварки с защитой расплавленного металла шлаками и газами. Даны характеристики флюсов различных типов, принцип выбора марок флюсов и электродной проволоки для сварки различных марок сталей, особенности выбора параметров режима сварки. Приведен интересный материал по ДСПЭ в различных защитных газах и газовых смесях, включая способы улучшения защиты, влияние защитной среды на перенос и разбрызгивание металла, механические свойства и служебные характеристики сварных соединений. Освещены различные способы сварки с газшлаковой защитой.

**В четвертой главе** большое внимание уделено способам сварки, позволяющим регулировать тепловложение в свариваемое изделие за счет оптимизации режимов сварки и рациональной последовательности выполнения швов,

сварки несколькими дугами в отдельные ванны, сварки в защитных газах, под флюсом и модулированным током, сварки с предварительным и сопутствующим подогревами, сварки с сопутствующим охлаждением и др.

**В пятой главе** описаны приемы и способы сварки, позволяющие управлять формированием и качеством шва (пространственное положение электрода и свариваемого изделия, зазоры в стыках и разделка кромок, конструкция плавящегося электрода, колебания электрода, формирование шва и др.). Весьма ценным является материал о влиянии остаточной намагниченности свариваемых изделий, распределение сварочного тока по свариваемому изделию, наведенных продольных и поперечных магнитных полей на формирование и качество швов.

**Шестая глава** обобщает способы сварки, направленные на повышение производительности. Приведены интересные сведения о конкретных способах сварки, обеспечивающих повышение производительности процесса за счет увеличения силы тока, дополнительного нагрева электрода, использования присадочного материала различного вида, повышения скорости однодуговой сварки, применение трехфазной дуги, многодуговой и многоголовочной сварки, сварки в узкую разделку.

**Седьмая глава** содержит сведения о гибридных и комбинированных способах ДСПЭ (лазерно-дуговая и пламенно-дуговая сварка, сварка с дополнительным скоростным потоком защитного газа, сварка с вибронгружением и ультразвуковым воздействием).

Монография написана доступным языком и хорошо иллюстрирована. Рассчитана на инженерно-технических работников, занятых в области сварочного производства, будет полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических вузов.

**В. Д. Кузнецов**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой сварочного факультета НТУУ «КПИ»

# Стационарные станки для подготовки кольцевых кромок металлических труб

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

Стационарные станки для обработки торцов труб применяются как производители труб, так и производители машиностроительной продукции и трубопроводных систем в энергетике, нефтехимии, судостроении, трубопроводном транспорте и других отраслях промышленности, а также соответствующие ремонтные предприятия и службы.

**Универсальные станки.** Станки серии RFM (фирма «Alme-Gerima GmbH», Sankt Wendel, ФРГ; *рис. 1, табл. 1 и 2*) предназначены для высококачественной разделки торцов труб и отводов из алюминиевых сплавов и стали, в том числе и нержавеющей. Угол фаски может быть в пределах 0–80°.

Рис. 1. Станок RFM Type II M для подготовки торцов труб



Станки серии PBM (фирма «Th. Wortelboer B. V.», Malden, Нидерланды) для подготовки торцов труб для сварки имеют жесткую конструкцию и тяжелые направляющие, что обеспечивает высокую точность разделки торцов труб. Это особенно важно при использовании затем сварочных роботов. Призмный зажим, удачная конструкция твердосплавных режущих вставок, минимальное количество ручных операций и простое управление снижают длительность обработки торца трубы до минимума (*табл. 3*).

Станки серии PBM (*табл. 4*) предназначены для обработки концов толстостенных труб из обычной, нержавеющей, дуплексной и жаропрочной сталей. Станки PBM-12, PBM-16, PBM-24 и PBM-30 имеют копир-систему, которая позволяет обрабатывать концы тонкостенных и/или некруглых труб с высокой точностью и желаемым профилем кромки. Возможные формы разделки кольцевой кромки труб приведены на *рис. 2*. Показанные примеры разделки кромок труб – всего лишь часть форм из большого числа возможных. Инструментальная головка имеет четыре паза для режущих вставок. Комбинируя различные твердосплавные вставки, можно настроить станок для создания любой формы разделки торца трубы.

Комплект держателей режущих вставок состоит из двух-четырех держателей, каждый с одной и более вставками. Вместе с комплектом держателей поставляют настроечный алюминиевый конус для точного и

Таблица 1. Техническая характеристика станков RFM для разделки торцов труб

Параметр	RFM Type I M	RFM Type I A	RFM Type II M	RFM Type II A	RFM Type III A
Диаметр трубы, мм	50–200	50–200	100–430	100–430	220–630
Максимальная ширина фаски, мм	24	24	24	48	24
Мощность, Вт	7500	7500	15000	15000	18000
Подача	Ручная	Автоматическая	Ручная	Автоматическая	Автоматическая
Скорость вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	100–500	100–500	30–200	30–200	20–150
Габаритные размеры, мм	1250×950×1500	1400×1000×1500	1400×1100×1900	1550×1200×1900	2000×1600×1900
Масса, кг	1400	1650	2000	2250	4350

легкого позиционирования держателей. Для установки держателей требуется только этот конус и торцевой ключ-шестигранник. Стандартные держатели имеют углы изгиба 30 и 37,5°. Держатели с другими углами изгиба поставляют по заказу. На рис. 3 приведены примеры держателей и специальных вкладышей (режущих вставок) к ним.

Фирма «G. V. C. Industrial Tools s. r. a.» (Torbiato Di Adro, Италия) является мировым лидером по производству техники индустриального класса для обработки концов труб с внешним диаметром от 6,35 мм до 1524 мм и толщиной стенки до 120 мм (табл. 5). Трубообрабатывающие станки серии Bull имеют две модели: Bull Media для труб диаметром 100–501 мм максимальной толщиной стенок 69 мм и Bull Maxi для труб диаметром 380–876 мм с той же максимальной толщиной стенок. Обе эти модели могут быть оснащены дополнительным устройством для обработки приваренных к трубам фланцев диаметром 178–892 мм. Станки поставляют с унифицированным пневматическим или электрическим приводом. Небольшой расход воздуха у пневмодвигателей (1400 л/мин) позволяет использовать небольшие компрессоры в качестве источников питания. Нижнюю границу рабочих температур окружающей среды определяют свойства применяемых смазочных масел: в серийном исполнении это минус 30 °С и влажность воздуха не более 85%.

Большой выбор стандартно поставляемых резов позволяет получать различные формы разделки торцов труб (рис. 4). Перпендикулярность реза к оси трубы обеспечивается с точностью 30'. Углы резов при разделке кромок для сварки — фиксированные в диапазоне от 0 до 37,5° с точностью ±10'.

Таблица 2. Техническая характеристика рольгангов к станкам RFM

Параметр	RHT 4030	RHT 4080
Габаритные размеры, мм	4000×400×1000	4000×600×1000
Масса, кг	1200	2500
Дополнительный модуль для рольганга	RHTE 30	RHTE 80
Габаритные размеры модуля, мм	1000×400×1000	1000×600×1000
Масса модуля, кг	500	800

Таблица 3. Длительность обработки торцов труб с помощью станков серии RBM

Диаметр трубы, мм	Толщина стенки, мм	Материал	Длительность обработки, с
114,3	6	St 37	15
168,3	12	St 37	30
168,3	25	St 37	120
273,0	19	Duplex нержавеющая сталь	120
323,8	12		60
406,4	13	St 37	45
508,0	20	Duplex нержавеющая сталь	60
609,6	25		90

Примечание. Даны результаты для разделки торца трубы под углом 30°.

Станки Bull позволяют растачивать внутреннюю поверхность труб для сочленяющих вставок, удалять ржавчину, восстанавливать цилиндричность в зоне сварки. Такая обработка возможна на глубину до 100 мм, а со специальными резцами — на глубину до 200 мм. Также можно обтачивать внешнюю поверхность труб, делать углубления для кольца и внешних сочленяющих вставок. Если сегмент поверхности трубы поражен коррозией или имеет износ больше чем 120°, то используют подкладные призмы.

Под нагрузкой скорость вращения режущей головки при ручной подаче 37 мин<sup>-1</sup>, шероховатость поверхности Ra=1,25...2,5 мкм.

Таблица 4. Техническая характеристика станков серии RBM для подготовки концов труб

Параметр	RBM-6	RBM-12	RBM-16	RBM-24	RBM-30
Диаметр зажима, мм	46–180	60–330	80–410	215–620	215–780
Диаметр обработки, мм	30–180	40–330	60–410	170–620	215–780
Потребляемая мощность, кВт	4,5 / 5,5	4,5 / 5,5	4,5 / 5,5	15	18,5
Зажим	Призмный, ручной			Призмный, электрический	
Максимальная толщина стенки, мм	25		20	35	
Подача	Ручная			Электрически управляемая	
Скорость вращения, мин <sup>-1</sup>	49; 96	36; 48; 72 и 96	36; 48; 72 и 96	25; 38 и 50	20; 40 и 70
Габаритные размеры, мм	1300×900×1450	1400×1100×1800	1400×1100×1800	2000×2500×1800	3500×2400×1800
Масса, кг	1250	2000	2250	11000	12000

Примечания: 1. При использовании специальных вставок можно зажимать и обрабатывать концы трубы меньшего диаметра. 2. По запросу доступны различные напряжения питания. 3. Максимальная толщина стенки не ограничена, так как обработка может быть выполнена в несколько проходов. 4. Ход подачи 100 мм. 5. Насос охлаждения встроен.

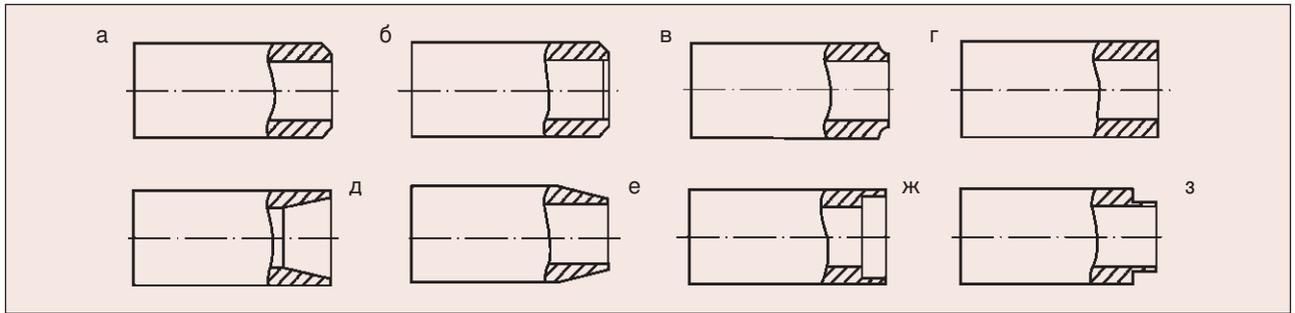


Рис. 2. Формы разделки концов труб с помощью машин серии РВМ: а — V-образная разделка для сварки (возможно одновременное торцевание и снятие фаски под различными углами); б — V-образная разделка для сварки с внутренним фасетированием (возможно одновременное торцевание и снятие фаски под различными углами); в — «сложная» разделка для сварки с двумя отличающимися углами (возможны различные сочетания углов фасок); г — торцевание (100% прямой угол); д — внутренний конус (возможны одновременное торцевание и формирование конуса под различными углами); е — внешний конус (возможны одновременное торцевание и формирование конуса под различными углами); ж — прямое растачивание (возможно одновременное торцевание); з — прямое обтачивание (возможно одновременное торцевание)

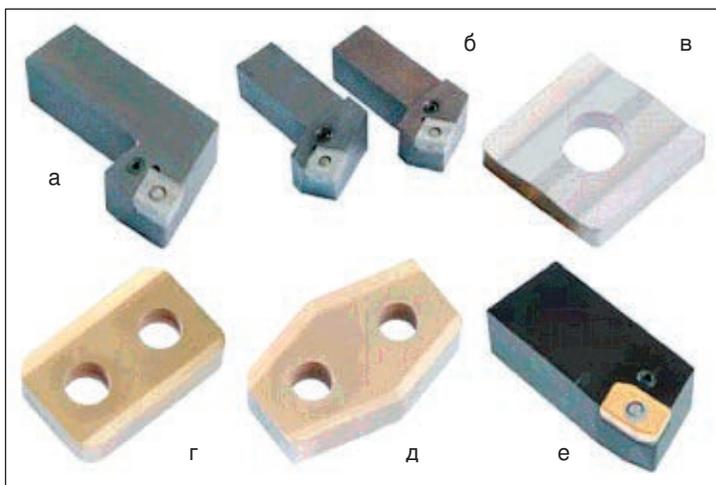


Рис. 3. Держатели и вкладыши (режущие вставки) для машин серии РВМ: а — держатель для торцевания; б — держатели для фасетирования «друг над другом» (толщина стенки 25 мм); в — стандартный вкладыш с режущей кромкой 18 мм; г — вкладыш длиной 50 мм для съема фаски; д — вкладыш для J-образной фаски; е — держатель со спецвкладышем

Таблица 5. Основные модели трубообрабатывающих станков фирмы «G. B. C. Industrial Tools s. p. a.»

Модель	Диаметр обрабатываемых труб, мм
Mini C	12,4–42
Mini C40	12,4–39
Mini auto	12,4–42
BFM	10–73
Boiler std	20–76
Boiler 1"–4"	22–108
Superboiler T4	39–104
Superboiler T5	49–203
Supermaxi 12	100–306
Supermaxi 16	165–397
Supermaxi 20	249–502
Bull media	100–501
Bull maxi	380–876

**Специальные фаскосъемные станки.**

Полуавтоматические станки серии EF (фирма «SOCO Machinery Co. Ltd.», Тайвань) предназначены для односторонней обработки цилиндрических заготовок (обрабатывают один торец заготовки за 1 цикл). Заготовку (трубу или пруток) устанавливают вручную, далее она автоматически зажимается и обрабатывается. Торцовочная головка имеет две скорости вращения (в зависимости от марки обрабатываемого материала) и две скорости подачи: рабочую (при подаче во время обработки) и ускоренную (для быстрого подвода к рабочей зоне и отвода головки назад). Глубина каждой фаски легко изменяется. Обычно для снятия фасок и торцовки трубы требуется около 5 с. Расточка для установки заглушки требует на порядок больше времени.

Фаскосъемные станки серии EF (табл. 6) имеют прочную станину, жесткую конструкцию, что исключает вибрации при обработке заготовки.

Станки EF AC/80 и EF AC/115 (рис. 5) имеют систему подачи смазывающе-охлаждающей жидкости, что увеличивает ресурс режущих пластин.

Автоматические станки серии DEF (фирма «SOCO Machinery Co. Ltd.», Тайвань; табл. 7) предназначены для двусторонней обработки цилиндрических заготовок. Заготовка (труба или пруток) автоматически подается в рабочую зону и автоматически зажимается пневмоцилиндрами. Вращающиеся торцовочные головки также автоматически подаются одновременно к обоим торцам заготовки, происходит механическая обработка, после чего головки отводятся назад. Торцовочная головка имеет две скорости подачи: рабочую и ускорен-

ную. Обычно для снятия фаски и торцовки заготовки требуется около 4 с.

Станки DEF имеют три режима работы: ручной, полуавтоматический и автоматический. Могут иметь транспортер ВТМ, что очень удобно при высокой степени загруженности станка. Станки быстро перенастраиваются для обработки заготовки другой длины. Повторяемость заготовки по длине после обработки составляет  $\pm 0,2$  мм. Регулировку и подбор скорости вращения торцовочной головки для определенного материала заготовки осуществляют при помощи переброски ремня на ступенчатом шкиве.

На всех станках серии EF и DEF торцовочные головки универсальны. При переходе с заготовки одного диаметра на другой достаточно лишь переместить держатели режущих пластин в новые положения.

Станки для снятия фаски серии РАМ (фирма «Alme-Gerima GmbH», Sankt Wendel, ФРГ; *рис. 6, табл. 8*) применяют для подготовки к сварке торцов труб, краев листов и плоских деталей из алюминиевых сплавов и сталей (в том числе и нержавеющей) небольших габаритов. Ширина фаски не превышает 20 мм, угол ее может быть в диапазоне  $15-60^\circ$ . Станки обеспечивают высокое качество фаски и большую производительность.

Стационарные станки АХ-Q (Китай; *табл. 9*) для снятия фаски с торцов труб позволяют получать качественную механическую разделку кромок форм V, X, J.

**Рекомендации по выбору стационарных фаскосъемных станков.** Фаскосъемный станок должен иметь прочную литую станину, особенно если предполагают среднюю или высокую степень загрузки станка.

Для обработки кромок необходимо правильно выбирать скорость подачи режущего инструмента и скорость вращения торцовочной головки. Если скорость подачи будет больше допустимой, повысится нагрузка на резцы, что приведет к повышенному износу инструмента, а также к низкому качеству обработанной поверхности. При скорости подачи меньше допустимой перегреваются резцы, снижается производительность, результат — низкое качество обработанной поверхности. Для подбора скорости подачи у станка должен быть дроссель регулировки. При отсутствии регулировки скорости подачи настроить станок проблематично. Скорость вращения торцовочной головки также должна регулироваться, так как для различных материалов требуется различная скорость: например, для нержавеющей стали —

Таблица 6. Техническая характеристика фаскосъемных станков серии EF

Параметр	EF-AC / 60	EF-AC / 80	EF-AC / 115
Диаметр трубы, мм	15–60	20–80	38–115
Диаметр прутка, мм	9–25	9–50	9–60
Мощность двигателя, кВт	0,736	2,2	3,68
Давление в пневмосистеме, МПа	0,6–0,8	0,6–0,9	0,6–0,9
Масса, кг	210	380	450

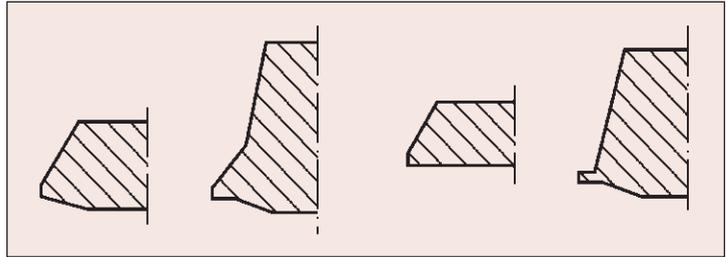


Рис. 4. Виды разделки торцов труб на станках Bull



Рис. 5. Фаскосъемный станок EF AC/115

Таблица 7. Техническая характеристика фаскосъемных станков серии DEF

Параметр	DEF-FA / 52	DEF-FA / 60ss	DEF-FA / 85ss
Диаметр заготовки, мм	10–52	12–60	25–85
Длина заготовки, мм	150–1000	25–300	25–150
Количество и мощность двигателей, шт. × кВт	2×1,5	2×1,5	2×2,2
Давление в гидравлической системе, МПа	0,6–0,8	2–3	
Масса, кг	1250; 4000 (с транспортером ВТМ)		1260

Таблица 8. Техническая характеристика станков серии РАМ для снятия фаски

Параметр	РАМ	РАМ I	РАМ II	РАМ III
Ширина фаски, мм	0,5–8	0,5–10	1–15	2–20
Возможный угол фаски, ...°	45; 30	30–60	30–60	15–60
Скорость вращения фрезы, мин <sup>-1</sup>	2850	2850	1000–6000	1000–6000
Диаметр фрезерной головки, мм	80	80	100	2?100
Количество сменных пластин, шт.	6	6	8	2×8
Мощность, кВт	3	3	4	2×4
Напряжение, В	380–400	380–400	380–400	380–400
Подача	Ручная	Автоматическая	Автоматическая	Автоматическая
Скорость подачи, м/мин	0,1–1	0,5–5	0,5–5	0,3–5
Длина направляющей, мм	700	700	700	1000
Габаритные размеры, мм	700×400×1200	900×1200×1700	900×1500×1800	1200×1500×1800
Масса, кг	240	350	450	600

Таблица 9. Техническая характеристика фаскосъемных станков серии АХ-Q

Параметр	АХ-Q-1240	АХ-Q-1280	АХ-Q-12100	АХ-Q-12150
Диаметр обрабатываемых труб, мм	30–426	159–800	400–1150	400–1500
Толщина стенки обрабатываемых труб, мм	6–100	10–150	10–150	10–150
Угол фаски, ...°	0–35	0–35	0–37,5	0–37,5
Максимальное перемещение по оси трубы, мм	250	300	400	400
Габаритные размеры крепежного стола, мм	–	1500×1200×150	2200×1600×200	2500×2000×150
Диаметр планшайбы, мм	450	820	1250	1500
Скорость вращения планшайбы (6 скоростей), об/мин	42–213	33–167	23–184	19–132
Скорости автоматической поперечной подачи (3 скорости), мм/об	–	0; 0,10; 0,25	–	–
Точность ручной регулировки поперечной подачи, мм/об	–	0,18	–	–
Скорость автоматического отвода, мм/мин	–	175	–	–
Мощность двигателя, кВт	5,5	7,5	11	15



Рис. 6. Станок РАМ II для снятия фаски

пониженная, а для цветных металлов — повышенная. Для переключения скорости перебрасывают ремень на ступенчатом шкиве, возможно электрическое переключение.

Для каждого диаметра трубной заготовки должны быть свои зажимные полукруглые губки. Зажим V-образными универсальными губками недопустим для фаскосъемных станков, поскольку площадь контакта с заготовкой у этих губок очень небольшая, и при обработке торца трубы велика вероятность вращения заготовки в губках.

При небольших диаметрах трубных заготовок (до 120 мм) допуски по диаметру, овальности и т. д. не столь существенны, что позволяет использовать фаскосъемные станки с вращающейся соосно с трубой торцовочной головкой. При обработке трубных заготовок с диаметрами более 120 мм резцы должны быть «привязаны» уже не к оси торцовочной головки, а к цилиндрической поверхности самой трубы.

• #865

# ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ.

Киев 03150 ул. Антоновича (Горького), 62  
тел./ф. +380 44 200-8056 (многоканальный)  
comeco@svitonline.com, equip@et.ua



# ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

Лучшие сварочные материалы, оборудование,  
аксессуары, квалифицированный персонал,  
технологическое сопровождение.

Более 1000 наименований  
продукции промышленного назначения.

[www.et.ua](http://www.et.ua)

Доступные цены,  
стимулирование долгосрочного сотрудничества,  
склады в Киеве и по всей Украине.



ГНПП «ОБЪЕДИНЕНИЕ КОММУНАР»  
ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СВАРОЧНОЙ ТЕХНИКИ

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ инверторное  
сварочное оборудование серии ВДУЧ**

г. Харьков, 61070, ул. Григория Рудика, 8  
тел. (057) 702-99-49, факс (057) 757-07-91  
e-mail: sbyt@tvset.com.ua, kommunar@tvset.com.ua  
[www.tvset.com.ua](http://www.tvset.com.ua)



ФОРМИРУЕМ ДИЛЕРСКУЮ СЕТЬ



- Высокое качество сварки
- Экономичность потребления электроэнергии (1500 кВт в месяц на один ВДУЧ)
- Повышенная безопасность
- Повышенная надежность при развитой системе защиты
- Плавное регулирование силы сварочного тока
- Универсальность выходных вольт-амперных характеристик ВАХ
- Широкий диапазон рабочих температур (от -40 до +40 °C)
- Механическое исполнение (группы М3, М18)
- Небольшие габариты и масса

# Сварочные материалы: электроды, сварочные проволоки сплошного сечения Св-08Г2С и порошковые Megafil производства ООО «АркСэл»

Сварочные электроды специального назначения для сварки коррозионно-стойких, теплоустойчивых сталей, для наплавки, сварки чугуна и меди. Ассортимент электродов — более 40 позиций.

Сварочные проволоки изготовлены с использованием низководородной волочильной смазки с ингибитором коррозии, специально обработаны для усреднения остаточной деформации в поперечном сечении и по длине проволоки, намотаны на прецизионных станках с укладкой виток к витку.

Сертификация продукции:  
Lloyd Register, Dey Norske Veritas,  
Germanischer Lloyd, Российский  
Морской Регистр Судоходства.

Возможно производство сварочных материалов по индивидуальному заказу при крупном объеме закупки.



**ООО «АРКСЭЛ»**  
Украина, 83017,  
г. Донецк,  
пер. Вятский, 2 Б  
тел.: (062) 332-26-52  
312-76-60  
312-76-97  
332-26-50,  
факс: (062) 332-26-51  
E-mail:  
arcset@arcset.com.ua  
www.arcset.com.ua



## Днепрометиз

Группа предприятий «Северсталь-метиз»

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

e-mail: [sale@dm.severstalmetiz.com](mailto:sale@dm.severstalmetiz.com)

т./ф: (0562) 34-82-24, 35-83-69, 35-81-50

Украина, 49081, г. Днепропетровск, пр. им. газеты «Правда», 20

### ПРОВОЛОКА:

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

### СЕТКИ:

плетеные  
сварные  
рифленные

### ЭЛЕКТРОДЫ:

MP-3  
АНО-4  
АНО-6  
АНО-21  
УОНИ

ГВОЗДИ  
БОЛТЫ  
ГАЙКИ  
ШАЙБЫ

[www.dneprometiz.com.ua](http://www.dneprometiz.com.ua)



TransPulsSynergic

MagicCleaner

TransSynergic

TransPocket

MagicWave

TransTig



### СПОСОБ СВАРКИ:

- сварка WIG постоянным током
- сварка WIG переменным током
- ручная электросварка

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:

- цифровое управление и контроль за сварочным процессом
- режим запоминания рабочей точки Job (100 программ)
- малозащитная дуга благодаря функции ActiveWave
- экономящая энергию инверторная технология
- регулировка тока со сварочной горелки
- режимы точечной, импульсной сварки
- терморегулируемый вентилятор
- функция прихватывания TAC
- знаки безопасности S и CE
- цифровой дисплей



**Fronius**

Favorit LTD

официальный представитель  
FRONIUS INTERNATIONAL GmbH  
ООО «Фрониус-Украина»

Киев, ул. Киквидзе, 17  
Тел. (044) 494-3698,  
тел./факс (044) 286-6595(97)  
e-mail: [info\\_fronius@favoritltd.com](mailto:info_fronius@favoritltd.com)

# ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ

г. КИЕВ,  
ул. М.Стельмаха, 5  
т./ф. (044) 257-43-32,  
258-03-57  
E-mail: [evroteh@kn.ua](mailto:evroteh@kn.ua)



г. ОДЕССА,  
ул. Бугаевская, 35  
т./ф. (0482) 340-475,  
728-61-28  
E-mail: [evantage@eurocom.od.ua](mailto:evantage@eurocom.od.ua)

- ◆ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ◆ ГАЗСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ◆ РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- ◆ АКСЕССУАРЫ
- ◆ КОМПРЕССОРЫ ВОЗДУШНЫЕ  
ДО 1210 Л/МИН





ПРОМЫШЛЕННАЯ ГРУППА

WWW.DUKON.RU



Инверторные  
источники



Установки плазменной  
сварки



Установки  
аргодуговой сварки



Многофункциональные  
сварочные аппараты



Машины точечной сварки

# Сварочное оборудование

**Разработка  
комплексных решений  
для Вашего производства.  
Демонстрационные залы.  
Гарантия. Сервис.**

Санкт-Петербург: (812) 326-9246  
Москва: (495) 642-6858  
Нижний Новгород: (831) 463-7755

Екатеринбург: (343) 310-0199  
Челябинск: (351) 232-3302  
Ростов-на-Дону: (863) 219-5121

Тольятти: (8482) 51-19-00  
Самара: (846) 273-3525  
Новосибирск: (383) 211-2780

# Проблемы электромагнитной безопасности

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, В. К. Левчук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

*Человечество в своем развитии постоянно вносит в окружающую среду все новые и новые техногенные факторы, которые бумерангом начинают ощутимо воздействовать на организм человека. Таким фактором, вызывающим сегодня наибольший интерес, являются электромагнитные поля (ЭМП) и излучения.*

Сейчас электромагнитное загрязнение («электромагнитный смог») охватывает практически все сферы существования человека. Образно говоря, мы купаемся в электромагнитных волнах. Ощутимы они и при сварочных работах\*. В последнее время особый интерес вызывает вопрос о том, действительно ли «электромагнитная радиация», возникающая при сварке, может быть опасной. Данные исследований ЭМП часто противоречивы и трудны для интерпретации. Поэтому ученые достаточно осторожны в своих заключениях, а те, кто подвергается риску воздействия ЭМП, ждут быстрых и решительных действий по разработке соответствующих мер и средств защиты.

**Краткая характеристика ЭМП.** Электромагнитное поле окружает как неподвижные, так и движущиеся электрические заряды (токи). Оно также может существовать, не будучи непосредственно связано с электрическими зарядами, например в виде излученной электромагнитной волны, движущейся со скоростью света.

Постоянное электрическое поле (ЭП) создается неподвижными электрическими зарядами и осуществляет взаимодействие между ними. ЭП характеризует напряженность электрического поля  $E$  (В/м).

Постоянное магнитное поле (МП) существует в виде геомагнитного поля и образуется вокруг проводников, через которые протекает постоянный электрический ток. МП характеризует напряженность  $H$  (А/м). Количественно МП также характеризует магнитная индукция  $B$  (Тл), которую еще

называют плотностью магнитного потока. Эти параметры связаны между собой соотношением  $B = \mu_0 H$  (для воздуха), где  $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$  В·с/(А·м) — магнитная постоянная. В воздухе и в других немагнитных средах плотность потока настолько мала, что часто используют единицу мкТл.

Изменяющееся электрическое поле  $E$  является причиной возникновения переменного магнитного поля, а изменяющееся магнитное поле — переменного электрического поля. Электрическая  $E$  и магнитная  $H$  составляющие непрерывно изменяются, иницируя друг друга. Этот процесс является причиной существования ЭМП как особой формы материи, с помощью которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами.

ЭМП характеризует длина волны  $\lambda$  (м), источник излучения, создающий электромагнитные колебания, частота генерации (Гц). Электромагнитный спектр занимает диапазон частот излучения от 0 до 1022 Гц, неионизирующие ЭМП — до 1015 Гц. Излучения с более высокими частотами относят к ионизирующим.

ЭМП обладает энергией и массой, объемная плотность  $m_0$  которой связана с объемной плотностью энергии  $W_0$  соотношением  $m_0 = W_0/c^2$ , где  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с — скорость света в вакууме. Наличие этой массы определяет давление света на освещаемую поверхность. Так как скорость света велика, то, несмотря на значительную плотность энергии используемых в технике ЭМП, плотность их массы ничтожно мала по сравнению с плотностью массы любого вещества. Поэтому масса поля в большинстве случаев не учитывается. Однако существование массы ЭМП имеет принципиальное значение как свидетельство материальности поля.

ЭМП при макроскопическом рассмотрении, обычном для электротехники, непрерывно распределено в пространстве. Энергию однородного МП (или малых областей неоднородного поля) в этом случае

\* Статья о проблемах электромагнитной безопасности при сварке выйдет в следующем номере журнала.

определяет выражение  $W = (BHV)/2$  или  $W = (\mu_0 H^2 V)/2$  (Дж), где  $V$  — объем однородного поля.

Количественно влияние ЭМП на человека оценивается поглощенной его телом электромагнитной энергией  $W$  (Дж) или поглощенной удельной энергией  $W_{\text{П}}$  (Дж/кг). Например, для оценки вероятного действия ЭМП от радиотелефонов определяют мощность ЭМП, приходящуюся на 1 кг мозга, — параметр SAR (Specific Absorbing Rate). Наилучшие модели радиотелефонов имеют SAR не выше 0,2 Дж/кг.

**Источники ЭМП.** Природным источником ЭМП является геомагнитное поле Земли. Оно обусловлено избыточным отрицательным зарядом поверхности Земли и состоянием ее атмосферы, которой вообще свойственно наличие электричества. Количество электричества на поверхности Земли непрерывно меняется. Электрические заряды перемещаются с поверхности Земли в верхние слои атмосферы и наоборот — из верхних слоев атмосферы стремятся к ее поверхности. Известны разные причины перемещения электрических зарядов в атмосфере, основными из которых являются токи проводимости, токи осадков, разряды молний на Землю, токи с острия. Наблюдения, проведенные у земной поверхности на открытой местности с помощью вольтметра с большим внутренним сопротивлением, показывают, что градиент потенциала (напряженность ЭП) находится в пределах  $E = 120 \dots 150$  В/м. Грозовые явления могут увеличивать напряженность этого поля до десятков-сотен киловольт на метр. Установлено, что геомагнитное поле складывается из постоянного (99%) и переменного (1%) полей. Постоянное МП Земли, существование которого объясняется процессами, протекающими в жидко-металлическом ядре планеты, в средних широтах имеет напряженность около 40 А/м и изменяется во времени очень медленно с вековым ходом. Напряженность переменного геомагнитного поля, порождаемого токами в магнитосфере, может достигать лишь сотых ампер на метр в диапазоне  $10^{-5} - 10^2$  Гц. Значительны возбуждения магнитосферы в результате, например, спорадических явлений, возникающих на Солнце и сопровождающихся изменением солнечной активности. При этих явлениях от Солнца к Земле устремляются потоки ультрафиолетовой рентгеновской радиации, радиации более жесткого излучения и потоки корпускуляр-

ного излучения. Взаимодействие их с элементарными частицами в верхних слоях атмосферы приводит к резкому увеличению МП Земли, называемого магнитной бурей. Во время магнитных бурь, продолжающихся от минут до суток, напряженность МП Земли возрастает в тысячи, а иногда и в десятки тысяч раз.

Природными источниками ЭМП являются также радиоволны, которые генерируются космическими источниками (Солнце, галактики и др.), при некоторых процессах в атмосфере Земли (например, разряды молний) и при возбуждении колебаний в ионосфере Земли. Эти ЭМП характеризуют широкий диапазон частот и низкий уровень излучения, их суммарный эффект влияния на биообъекты незначителен и обычно игнорируется.

На фоне природного воздействия человек практически непрерывно имеет контакт с ЭМП антропогенного происхождения. В массовом сознании ЭМП обычно ассоциируются с высоковольтными линиями электропередачи (ЛЭП) и электростанциями, однако ЭМП влияют на человека и при обычном пользовании бытовыми электроприборами. И если вблизи ЛЭП напряженность электрического поля составляет несколько вольт на метр, а вблизи высоковольтных ЛЭП — до десяти киловольт на метр, то бытовые электроприборы создают электрическое поле напряженностью от 2 В/м (настольная лампа) до 250 В/м (электроплитка). А магнитное поле, которое генерируется несколькими бытовыми приборами одновременно, по влиянию сравнимо с ЭМП, создаваемым ЛЭП.

Антропогенными источниками ЭМП являются:

- электротранспорт (троллейбус, трамвай, электровоз, электропоезд метрополитена и др.);
- производственные процессы (сварка, гальваника, плавка, рафинирование металлов и других веществ; все системы производства, передачи и распределения электроэнергии; электромагниты, соленоиды разного назначения и др.);
- медицинское оборудование (приборы для диагностики, приборы ядерного магнитного резонанса и спектроскопии и др.);
- поля электростатических зарядов в промышленности и в быту.

Облучение населения чаще всего происходит от источников промышленной частоты

ты 50 Гц (60 Гц для США и Японии). Электромагнитная обстановка в диапазоне 50 Гц в жилых помещениях представляет особый интерес, поскольку это наименее контролируемое облучение. Уровни ЭМП в домах зависят от многих факторов, включающих расстояние от линии передачи энергии, количества и типа электрических приборов, используемых в доме, конфигурации и расположения электропроводки. Напряженность электрического поля в жилых домах составляет, как правило, 1–10 В/м. Однако встречаются точки с повышенной напряженностью, например, возле незаземленного компьютера она может достигать 150–170 В/м на расстоянии 0,5 м. Напряженность свыше 200 В/м в жилых помещениях практически не обнаружена. Вместе с тем вокруг большинства приборов и оборудования уровни электрических полей могут достигать 500 В/м, а магнитных — 150 мкТл. Они могут быть существенно больше на близком расстоянии от источника и быстро уменьшаются с увеличением расстояния. Уровни индукции МП от бытовых источников представлены в *таблице*.

Особое внимание обращают на себя ЭМП, индуцируемые за пределами квартир, но которые проникают в квартиру круглосуточно. Источниками таких полей является электротехническое оборудование строений — общий силовой кабель подъезда, трансформаторы и др.

В промышленности на рабочих местах электрические и магнитные поля существуют вокруг электрического оборудования везде. Рабочие, которые обслуживают линии передачи и распределительные элект-

рощитки, могут подвергаться воздействию очень сильных полей. Внутри генерирующих станций и подстанций ЭП превышают 25 кВ/м, а МП — 2 мТл. Отдельные рабочие могут подвергаться воздействию МП до 130 мТл. Вблизи индукционных печей и электролизеров МП могут достигать 50 мТл. Работники в офисах, использующие фотокопировальные машины и видеодисплеи, подвергаются воздействию намного более слабых полей.

**Влияние на человека.** Биологическое действие на человека ЭМП радиочастотного диапазона зависит от частоты и интенсивности излучения, продолжительности и условий облучения. Различают термическое (тепловое) воздействие, морфологические и функциональные изменения.

Известным проявлением действия ЭМП на организм человека является нагревание тканей и органов, что приводит к их изменению и повреждению. Для теплового воздействия характерно общее повышение температуры тела или локализованный нагрев тканей. Особенно опасен нагрев для органов со слабой терморегуляцией (мозг, глаза, органы мочеполового и кишечного трактов). Так, ЭМП с длиной волны 1–20 см отрицательно действует на глаза, вызывая катаракту (помутнение хрусталика).

Морфологические изменения тканей и органов тела человека (ожоги, омертвления, кровоизлияния, изменения структуры клеток и др.) наблюдают в тканях периферической и центральной нервной системы, а также сердечно-сосудистой системы, вызывая нарушения регуляторных функций в организме или изменения структуры самих клеток, снижение кровяного давления (гипотония), замедление ритма сокращения сердца (брадикардия) и др.

Функциональные изменения проявляются в виде головных болей, нарушения сна, повышенной утомляемости, раздражительности, потливости, выпадения волос, болей в области сердца, снижения половой потенции и др.

Системами организма, наиболее чувствительными к ЭМП, считаются нервная, иммунная, эндокринная и половая. Эти системы считают критическими при оценке риска влияния ЭМП на население. Наиболее опасны ЭМП для детей, беременных (эмбрион), людей с заболеваниями центральной нервной, гормональной и сердечно-сосудистой систем, аллергетиков, людей с ослабленным иммунитетом.

**Таблица. Распространение плотности магнитного потока от бытовых источников**

Источник	Расстояние, на котором индукция МП более 0,2 мкТл
Холодильник	1,2 м от дверей
	1,4 м от задней стенки (максимально 27 мкТл)
Стиральная машина	0,25 м от ручки
Телевизор 14"	1,1 м от экрана
	1,2 м от боковой стенки
Электрорадиатор	0,3 м
Торшер с двумя лампами по 75 Вт	0,03 м от провода
Электродуховка	0,4 м от передней стенки
Аэрогриль	1,4 м от боковой стенки

Международной организацией охраны здоровья «Электромагнитное поле и здоровье человека» сделаны прогнозы об отдаленных последствиях хронического воздействия ЭМП. Допускается, что заболевания раком, изменения в поведении, потеря памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, СПИД, синдром мгновенной смерти внешне здорового ребенка и много других состояний, включая повышение уровня самоубийств, есть результат влияния ЭМП. Это страшное предположение — результат объемного анализа экспериментальных и эпидемиологических данных, накопленных за все время изучения проблемы мировым научным сообществом.

Данные эпидемиологических исследований позволяют определить основные виды новообразований, которые могут быть вызваны влиянием ЭМП промышленных частот. Это — лейкемия, особенно у детей, и нейрогенные опухоли, однако эти результаты неоднозначны. В одной из первых работ (1979 г.) среди детей населения штата Колорадо (США) была установлена связь между развитием процесса возникновения опухоли (лейкемия) и влиянием электромагнитного излучения электрических сетей с частотой 60 Гц.

Исследования, проведенные Национальной академией наук США в 1996 г., подтвердили, что проживание около мощных линий электропередачи связано с увеличивающимся риском заболевания детской лейкемией (относительный риск  $RR=1,5$ ), но не другими формами рака. Подобная связь между раком и местом проживания для взрослых не прослеживается.

Многие исследования воздействия ЭМП в промышленности, опубликованные за последние 10 лет, показали большую непоследовательность. Они подтвердили результаты о небольшом повышении риска развития лейкемии среди рабочих-электриков. Однако при этом не учитывались другие производственные факторы, такие как возможные воздействия химических веществ в воздухе рабочей зоны. Полученная оценка воздействия ЭМП недостаточно хорошо коррелировалась с риском заболевания раком среди испытуемых. Следовательно, связь между воздействием ЭМП и возникновением рака не подтверждена.

Исследованиями, проведенными в Швеции, был подтвержден факт возможности развития опухолей среди населения детского и юношеского возрастов. Измерения про-

водили возле подстанций, трансформаторов, в метро, под электрическими линиями железных дорог, ЛЭП. Магнитная индукция колебалась в пределах от 0,0004 до 1,9 мкТл. При этом было установлено, что в обследованной группе жителей, подвергающихся постоянному воздействию магнитного поля с индукцией 0,3 мкТл и выше, опухоли нервной системы и лейкемии встречались в два раза чаще по сравнению с другими группами людей. В Финляндии по результатам исследований группы детей возрастом до 19 лет, проживающих на расстоянии до 500 м от ЛЭП, также было установлено, что риск развития опухолей растет при действии ЭМП с магнитной индукцией от 0,3 мкТл.

Вместе с тем, нет убедительных свидетельств, что воздействие ЭМП вызывает прямое повреждение биологических молекул, включая ДНК. Поэтому маловероятно, что они могут инициировать процесс канцерогенеза. Однако исследования еще продолжают проводить, чтобы установить, может ли ЭМП влиять на развитие рака прямо или косвенно. Последние опыты на животных не подтвердили инициирование рака.

**Защита от ЭМП.** Разработка мероприятий по защите человека от ЭМП может быть осуществлена только на основе получения достоверных результатов исследований их биологического действия. При этом важно повышать взаимодействие между учеными, правительством, промышленностью и обществом; постоянно информировать общественность, повышая его сознательность и уменьшая недоверие к ЭМП и страх перед опасностью ЭМП. До момента получения достоверной информации о ЭМП Всемирная организация здравоохранения рекомендует следующие защитные мероприятия:

- строго соблюдать действующие национальные и международные стандарты по электромагнитной безопасности;
- применять простейшие меры защиты — экранирование и ограждение мощных источников ЭМП от несанкционированного доступа к ним людей;
- учитывать требования электромагнитной безопасности при проектировании новых высоковольтных линий электропередач, электрического оборудования и приборов как потенциальных источников ЭМП;
- внедрять новые безопасные для здоровья человека технологии, электрическое оборудование и приборы.

● #866



# ОАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

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



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



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



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

### СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ, силикатный модуль от 2,0 до 3,5.

Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.



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

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

Благодаря тесному сотрудничеству с Институтом электросварки им. Е. О. ПАТОНА ОАО «Запорожстеклофлюс» освоил производство сварочных флюсов новым методом — двойным рафинированием расплава. Этот наиболее прогрессивный способ варки флюсов, защищенный патентами, существенно улучшил сварочно-технологические свойства флюсов при сохранении благоприятного соотношения качества к цене.

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

**ОАО «Запорожстеклофлюс»**  
 Украина, 69035, г. Запорожье, ГСП-356, ул. Диагональная, 2, Отдел внешне-экономических связей и маркетинга  
 Тел.: +380 (61) 289-0353; 289-0350  
 Факс: +380 (61) 289-0350; 224-7041  
 E-mail: market@steklo.zp.ua  
<http://www.steklo-flus.com>

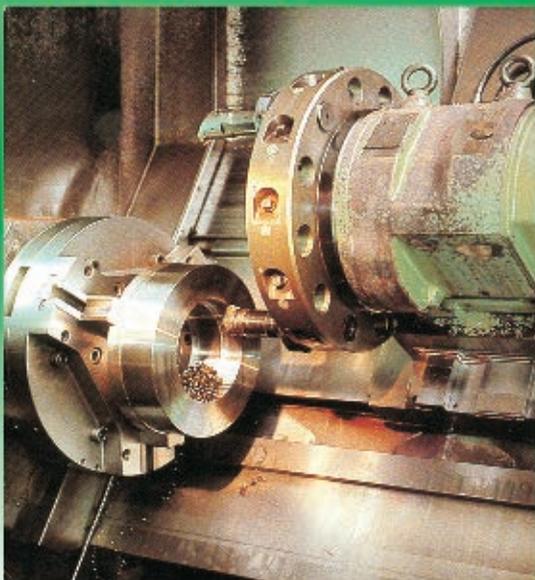
Официальный представитель ОАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Украины и стран СНГ (кроме РФ) **ООО «Укртрейд», Запорожье**  
 Получение продукции производится на складе ОАО «Запорожстеклофлюс».  
 Тел.: (061) 224-6228, факс: (061) 224-6863  
 E-mail: root@ukrtade.com.ua

Официальный представитель ОАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Российской Федерации **ЗАО Торговый Дом «Трансэнергомет М», Москва.**  
 Отгрузка со складов Белгорода, Москвы, Железногорска Курской обл.  
 Тел. (095) 785-3622 — Коваленко Людмила Викторовна, Охенский Владимир Викторович  
 Тел. (095) 330-0901 — Кащавцев Владимир Викторович, Кащавцев Юрий Викторович



7-я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# МАШИНОСТРОЕНИЕ



**14-17 мая 2008 г., Донецк, Украина**

### ОРГАНИЗАТОР:

Выставочный центр «ЭКСПОДОНБАСС»

### ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:

Министерство промышленной политики Украины  
 Донецкая Облгосадминистрация

### ПРОГРАММА:

Презентации фирм-участниц выставки  
 Деловые переговоры  
 Научно-практические семинары



### ИНФОРМАЦИЯ:

Тел./факс: +38 (062) 381-21-36, 381-21-41, 381-21-50, (0622) 57-07-32  
 Alex@expodon.dn.ua, Zaharov@expodon.dn.ua, Borisenko@expodon.dn.ua,  
 Nataly@expodon.dn.ua <http://www.expodon.dn.ua/machinery>

Специализированный выставочный центр «ЭКСПОДОНБАСС»  
 83048, Украина, Донецк, ул. Челюскинцев, 189-В



Мир Газелии - главный информационный спонсор выставки

# VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2008

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

**МЕТАЛЛО-  
ОБРАБОТКА**  
Крупносерийная обработка  
и токарные, шлифовальные

**УКРНАСТ  
ТЕХ**  
Экспериментальные  
технологии  
аппаратостроения

**ГИДРАВЛИКА  
ПНЕВМАТИКА**

**УКРПРОМ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ**  
Промышленная автоматизация

**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,  
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**  
Контроль качества, измерительные приборы,  
лабораторное и испытательное  
оборудование, метрология, сертификация

**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОИЗВОДСТВА**  
Средства защиты, безопасность  
эксплуатации

**УКРАИИ  
ТЕХ**  
Продукция и  
технологии

**УКРВТОР  
ТЕХ**  
Компьютерная техника,  
аппаратостроение

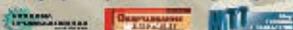
**ПОДШИПНИКИ**

**УКРСВАРНА**  
Технологии, оборудование  
и материалы

**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ  
СИГНАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**СУБКОНТРАКТЫ**  
Специализированные услуги

Генеральные  
информационные партнеры:



Технический партнер:



**ОРГАНИЗАТОРЫ:**

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

**25-28  
НОЯБРЯ 2008 г.**



+380 44 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58  
e-mail: [lilia@iec-expo.com.ua](mailto:lilia@iec-expo.com.ua)  
[www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

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

Информационная поддержка:



# Состояние нормативно-технической документации по ремонтной сварке в энергетике

А. Е. Анохов, канд. техн. наук, ОАО «ВТИ» (Москва)

*Российская теплоэнергетика располагает огромными энергетическими мощностями с большим количеством блочных энергоустановок мощностью 100–1200 МВт, а также котлотурбинных энергоустановок меньшей единичной мощностью 25–110 МВт.*

В настоящее время электростанции, эксплуатирующиеся на территории РФ, практически полностью исчерпали свой расчетный ресурс, заложенный при их проектировании. При этом многие из них исчерпали свой парковый (примерно в 2 раза больше расчетного) и индивидуальный (примерно в 1,5 раза больше паркового) ресурсы.

Оборудование тепловых электростанций и следовательно сварные соединения находятся под воздействием внутреннего давления, весовых нагрузок и температурных напряжений. И, как показал опыт эксплуатации, после выработки ресурса оборудования резко увеличивается количество дефектов. К элементам энергетического оборудования, на которых в первую очередь появляются дефекты, следует отнести сварные соединения паропроводов острого пара, корпусные детали турбин и паровой арматуры, а также паровые барабаны высокого давления тепловых электростанций.

В связи с этим актуальным является состояние нормативно-технической документации по ремонтной сварке энергетического оборудования, ее соответствие требованиям сегодняшнего дня.

**Ремонт сварных соединений паропроводов.** Одним из основных документов при проведении монтажных и ремонтных работ является РД 153–34.1–003–01 «Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования» (РТМ–1с), который был существенно переработан относительно недавно. В документе рассмотрены практически все материалы и виды сварки, применяющиеся при монтаже и ремонте энергетического оборудования, а

также трубных систем котлов и трубопроводов, определены технология сборочно-сварочных работ трубопроводов, термическая обработка сварных стыков труб, а также объем и порядок контроля и нормы качества сварных соединений. В нем подробно рассмотрены требования к сварочным материалам, подготовке производства и технологиям сборки и сварки стыков труб. Основные разделы РД посвящены ручной дуговой сварке труб из углеродистых и низколегированных сталей, ручной и автоматической аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, газовой и газоэлектрической сварке труб, а также особенностям сварки аустенитных, мартенситных и мартенситно-ферритных хромистых сталей. Большой раздел посвящен термической обработке сварных соединений труб и трубных систем, контролю качества сварных соединений.

Следует отметить, что раздел, посвященный сварке аустенитных, мартенситных и мартенситно-ферритных сталей, касается только сварки труб малого диаметра. Технология сварки труб из вышеуказанных сталей большого диаметра не получила отражения в этом документе. Очевидно, что при проектировании энергетических установок для паропроводов с повышенными параметрами пара потребуются трубы большого диаметра из мартенситных и мартенситно-ферритных сталей, обладающих, как известно, более высокими жаропрочными свойствами. В настоящее время отечественная промышленность готова выпускать трубы большого диаметра из мартенситных и мартенситно-ферритных сталей, но их монтаж и ремонт может сдерживаться отсутствием соответствующей нормативной базы по ремонтной сварке.

В развитие РД 153–34.1–003–01 примерно в одно и то же время ОАО «ВТИ» разработан РД 34.17.310–96, который устанавливает требования к технологическим процессам ремонта с применением ручной

дуговой сварки и термической обработки стыковых, штуцерных и тройниковых сварных соединений паропроводов и коллекторов котлов тепловых электростанций, поврежденных в результате длительной эксплуатации. Данный документ охватывает наиболее часто встречающиеся случаи ремонта сварных соединений трубопроводов. В нем подробно рассмотрены типичные эксплуатационные повреждения сварных соединений, а также комплекс технологий ремонта стыковых сварных соединений паропроводов, тройниковых сварных соединений паропроводов и коллекторов паровых котлов.

Однако в последние годы появились такие повреждения сварных стыков, ремонт которых не получил отражения в РД 34.17.310–96. Например, на ряде электростанций, эксплуатирующих энергоблоки мощностью 800 МВт, после выработки парового ресурса было выявлено большое количество трещин ползучести в сварных стыках паропроводов острого пара диаметром 465×75 мм, паропроводах горячего промперегрева диаметром 920×32 мм и на их штампосварных коленах. При этом при их восстановлении неоднократно возникали проблемы выбора оптимальной технологии ремонтной сварки и особенно режимов термической обработки толстостенных элементов труб большого диаметра, выражавшиеся, в частности, в неполном отпуске сварных соединений.

**Ремонт корпусных деталей турбин и паровой арматуры.** Другими элементами энергооборудования, на которых часто обнаруживаются технологические и эксплуатационные дефекты, являются корпусные детали турбин и паровой арматуры. В настоящее время имеется два нормативно-технических документа (НТД), определяющих требования к технологии ремонтной сварки и послесварочному контролю ремонтных заварок: «Инструкция по технологии ремонтной заварки корпусных деталей паровых турбин и арматуры перлитными электродами без термической обработки (РД 34.17.206–85)» и «Исправление дефектов в литых корпусных деталях паровых турбин и арматуры методом заварки без термической обработки» (РД 108.021.112–88). Оба эти документа устанавливают основные положения по исправлению дефектов методом заварки без последующей термической обработки в литых корпусных деталях паровых турбин, корпусах и крышках энергетической арма-

туры, изготовленных литьем из конструкционных и теплоустойчивых сталей. В соответствии с ними исправлению подлежат дефекты, выявленные в процессе монтажа и эксплуатации на тепловых электростанциях, работающих на органическом топливе.

В вышеназванных документах приведены общие требования к деталям, подлежащим ремонту заваркой, к подготовке деталей к заварке дефектов, выбору технологии ремонтной сварки и контролю качества и технической документации.

Согласно РД 34.17.206–85, восстановление корпусных деталей осуществляется с использованием специальных электродов перлитного класса, близкого к структурному классу основного металла ремонтируемых деталей.

Второй документ (РД 108.021.112–88) разрешает производить заварку ремонтных выборок как электродами перлитного, так и аустенитного класса. Электроды перлитного класса, согласно РД 108.021.112–88, рекомендуют использовать для сварки теплоустойчивых сталей ЦУ–2ХМ, ТМЛ–1 и ТМЛ–4В, а электроды аустенитного класса – для ЦТ–28, ЦТ–48, АНЖР–1 и ЦТ–36.

Данный документ был выпущен около двадцати лет назад и по многим позициям устарел. Появились новые перспективные технологии ремонтной сварки с использованием специальных электродов перлитного класса (например, электроды марки ТМЛ–5) и применением так называемых «имплантатов»: металлических вставок, арочных элементов и т. д., позволяющих эффективно снижать уровень остаточных напряжений и повышать надежность и долговечность ремонтируемых деталей. При этом многолетний опыт эксплуатации корпусных деталей с ремонтными заварками показал, что использование аустенитных электродов сопровождается охрупчиванием металла зоны термического влияния, приводит при небольшом сроке эксплуатации к повторным разрушениям деталей с прогрессирующими объемами поврежденного металла и может быть оправдано в редких случаях, когда ремонтная сварка корпусных деталей с нагревом невозможна. К таким случаям можно отнести, например, ремонтную сварку на внутренней поверхности стопорных клапанов и паровых задвижек. При этом ресурс деталей, восстановленных с применением аустенитных электродов, крайне ограничен и не превышает 10–15 тыс. ч.

**Ремонт барабанов паровых котлов.**

Ремонт барабанов паровых котлов регламентируется «Инструкцией по обследованию и технологии ремонта барабанов котлов высокого давления» (СО 153–34.26.608–2003). Настоящая инструкция распространяется на ремонт барабанов котлов высокого давления из сталей 16ГНМ, 16ГНМА, 22К, 20К, 20Б, 16М и 15М. В инструкции содержатся примеры типичных дефектов, обнаруживаемых при контроле барабанов, а также технологии ремонта и требования к качеству выполняемых ремонтных работ.

Инструкция разработана в 2003 г. и включает в себя весь предыдущий опыт эксплуатации и ремонтов паровых барабанов. В ее разработке активное участие принимали ведущие научные организации: ОАО «ВТИ», ГНЦ ЦНИИТМАШ, НПО ЦКТИ и др. Инструкция определяет требования к устранению дефектов в барабанах, к материалам, сварочно-термическому оборудованию, аппаратам и инструментам, к ремонту штуцеров, наплавке на поверхность трубного отверстия, приварке деталей внутрибарабанных устройств, а также требования к термообработке после сварки и наплавки.

Особенностью настоящей инструкции является разработка методических рекомендаций по расчету на прочность отремонтированных барабанов котлов высокого давления. Это стало особенно актуально после того, как на одной из тепловых электростанций после ремонта в процессе гидроиспытаний произошло полное разрушение барабана. Инструкция снабжена методическими рекомендациями по расчетному обоснованию выбора температуры гидравлических испытаний барабана после ремонта сваркой и примерами расчета.

К недостаткам СО 153–34.26.608–2003 можно отнести отсутствие в ней развернутых технологических рекомендаций по проведению термической обработки барабанов в условиях электростанций. До недавнего времени из-за отсутствия оборудования, позволяющего провести термическую обработку крупногабаритных и массивных деталей в условиях электростанций, восстано-

вительный ремонт проводили с применением аустенитных электродов, не требующих послесварочной термической обработки. Однако, как показал опыт эксплуатации, в отремонтированных аустенитными электродами барабанах повторно обнаруживаются дефекты в виде трещин по линии сплавления аустенитного металла шва с основным металлом барабана.

В последние годы появилось термическое оборудование и технологии послесварочной термической обработки барабанов, позволяющие выполнять восстановительный ремонт барабанов в условиях электростанций. Сущность такого ремонта заключается в том, что барабан предварительно делят вдоль оси на несколько участков (семь – девять). Длина каждого участка равна примерно 2 м. Ремонтную сварку и термическую обработку выполняют для каждой зоны отдельно. Для сварки используют электроды УОНИ–13/45 диаметром 3–4 мм. Сварку выполняют без перерывов в работе с предварительным и сопутствующим нагревами. Для проведения термической обработки при ремонте барабанов применяют следующее термическое оборудование:

- индукционные установки токов средней частоты 1000–8000 Гц с программным и ручным дистанционным управлением;
- индукционные установки с преобразователями токов промышленной частоты 50 Гц с ручным дистанционным управлением;
- установки с электронагревателями сопротивления и комбинированного действия с программным или ручным дистанционным управлением.

Для термической обработки применяют машинные преобразователи типа ВПЧ–100–2,4 и ППЧВ–100–2,4. На базе этих преобразователей выпускают установки МИТ–100 и УТ–250.

В зависимости от особенностей барабана и объемов ремонтной сварки термическую обработку можно выполнять как с помощью специального термического оборудования, так и с использованием в качестве источника нагрева острого пара от действующего котла.

● #867

От редакции. В предыдущем номере журнала (№1–2008) на стр. 52 в таблице «Производители сварочных материалов» была неверно указана дата действия сертификата для днепропетровского предприятия ООО ВТК «ЭРА». Строку в таблице следует читать так:

Предприятие	Город	Сертифицированная продукция	Дата окончания действия сертификата
ООО ВТК «ЭРА»	Днепропетровск	Электроды: МР–3, АНО–4, УОНИ–13/55	15.01.2010

# Фирма «ПлазмаТек» получила сертификат соответствия нормам PN-EN ISO 2560:2006 на электроды АНО-36

В 2007 г. на польском рынке сварочных материалов появилась новая фирма, предлагающая покрытые электроды марки АНО-36 для ручной дуговой сварки. Эта фирма из Украины. Чтобы завоевать доверие клиентов, фирма решила на сертификацию своей продукции в Институте сварки в Гливицах.

Фирма «ПлазмаТек» в настоящее время является наиболее динамично развивающимся производителем покрытых сварочных электродов в Украине. Она была основана в 2001 г. в Виннице. В течение первых четырех лет существования рост производства электродов составлял 50% ежегодно. В 2006 г. произошло значительное ускорение темпов роста производства: количество производимых электродов возросло на 63%, а в течение семи месяцев 2007 г. динамика роста составила уже 122%.

На фирме занято 320 человек, а годовое производство продукции составляет 12000 т. В 2008 г. «ПлазмаТек» предполагает начать производство сварочной проволоки на уровне 1500 т ежемесячно. Планируется также внедрение уникальных технологий подготовки сырья для изготовления покрытых электродов. Использование этих технологий, считают на фирме, даст возможность достичь технического уровня, позволяющего конкурировать не только с украинскими фирмами, но и с европейскими и американскими.

Предполагается, что в 2009 г. фирма будет производить более 5000 т ежемесячно различных сварочных материалов и станет крупнейшим производителем этой продукции не только в Украине, но и в странах СНГ. Технология производства сварочных материалов базируется на новейших достижениях, созданных в Институте электросварки им. Е. О. Патона.

Продукция фирмы «ПлазмаТек» реализуется в Украине, а также экспортируется в Молдавию, Бе-

лоруссию, страны Балтии, Азербайджан, Польшу, Румынию, Алжир и др. В 2008 г. планируется расширение экспорта в такие страны, как Россия, Венгрия, Чехия, азиатские страны и др.

Руководство фирмы надеется, что потребители позитивно оценят усилия фирмы в части обеспечения стабильного качества предлагаемой продукции и достойных условий сотрудничества, которые по мере развития торговли будут совершенствоваться.

Активным действием к осуществлению этой цели была сертификация продукции в Институте сварки в Польше.

Сертификация, кроме оценки результатов испытания сварочных материалов, включала также посещение фирмы для того, чтобы убедиться, что здесь обеспечивают соответствующие условия закупки сырья; контроля производственного процесса; межоперационного и приемо-сдаточного испытания; упаковки и дистрибуции продукции, а также методы реагирования на рекламацию от потребителей.

В результате сертификации фирма «ПлазмаТек» получила сертификат, подтверждающий соответствие электродов марки АНО-36 нормам PN-EN ISO 2560:2006 «Материалы для сварки — электроды покрытые для

ручной дуговой сварки не легированных и мелкозернистых сталей — Классификация».

В сентябре 2007 г. состоялось торжественное вручение представителям фирмы «ПлазмаТек» сертификата № С-W/002/07 директором Института сварки Польши, prof. dr. hab. inż. Яном Пиларчиком (Jan Pilarczyk).

Сертификат соответствия позволит фирме упрочить позиции на польском рынке, а также завоевать большее доверие потребителей к электродам, изготавливаемым фирмой «ПлазмаТек».

● #868

**Jerzy Niagaj,**

*Buletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach. №6/ 2007*

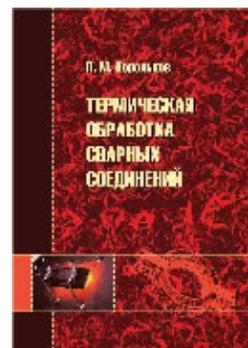


# КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА



**Б. Е. Патон, И. И. Заруба, В. В. Дыменко, А. Ф. Шатан.**  
**Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги.**  
2008. — 248 с.

Посвящена проблемам электродуговой сварки переменным током. Рассмотрены свойства и устойчивость сварочных дуг переменного тока, в т. ч. в условиях переноса электродного металла, особенности устройств, стабилизирующих горение этих дуг, схемные решения и методы расчета этих устройств. Приведены характеристики промышленных образцов устройств стабилизации горения дуги и источников питания с указанными устройствами. Описаны технологические свойства источников питания с устройствами, стабилизирующими горение дуги. Даны сведения об экономической эффективности и перспективах развития импульсной стабилизации сварочных дуг переменного тока.



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

Приведены технические данные о местной термической обработке сварных соединений, применяемой в строительном-монтажных, полевых и ремонтных условиях на трубопроводах и технологическом оборудовании в различных отраслях промышленности (газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей и др.).

Рассмотрены виды и режимы термообработки, способы нагрева и применяемые материалы, нагревательные устройства, оборудование. Описаны технология термообработки, способы контроля температуры и качества. Особое внимание уделено организации работ и технике безопасности.



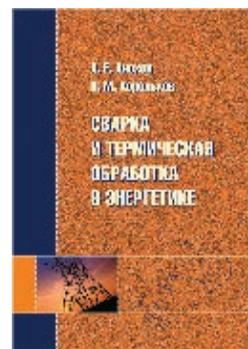
**С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин.**  
**Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология.**  
2006. — 360 с.

Рассмотрены физико-металлургические процессы при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. Даны характеристики и классификация электродов, представлена номенклатура промышленных марок.

Приведены источники питания и другое оборудование для ручной сварки, изложены особенности и рекомендуемые технологии сварки углеродистых, низколегированных, легированных, теплоустойчивых, высоколегированных и разнородных сталей, чугуна и цветных металлов. Рассмотрены дефекты сварных соединений и причины их образования. Освещены вопросы ремонтной сварки и контроля производства сварочных работ.

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

Представлены основное энергетическое оборудование и типичные повреждения сварных соединений. Рассмотрены особенности поведения сварных соединений в различных условиях. Описаны технологии восстановления поврежденного энергетического оборудования: трубопроводов, корпусных деталей, паровой арматуры, барабанов. Приведены оборудование и материалы для термической обработки сварных соединений. В зависимости от вида оборудования изложены технологии термической обработки. Освещены вопросы качества, представлены средства контроля — приборы, материалы, технология измерения параметров.



**А. А. Кайдалов.**  
**Электронно-лучевая сварка и смежные технологии.** 2004. — 260 с.

Изложены современные данные об основах физики и технологий сварки, упрочнения, наплавки, резки, сверления, пайки и гравировки с применением аксиально-симметричных электронных пучков с энергией 20–150 кэВ. Описаны технические требования, принципы построения и характеристики оборудования для электронно-лучевых технологий. Рассмотрены основы автоматического и программного управления технологическими процессами сварки и термоупрочнения поверхностей металлов. Освещен опыт промышленного применения электронно-лучевых технологий.

# «ЭКОТЕХНОЛОГИЯ»

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

Рассмотрены основные способы плазменной наплавки: плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой, плазменной дугой с нейтральной и токоведущей проволоками, плазменной дугой горячей проволокой, плазменной дугой плавящимся электродом. Особое внимание уделено плазменно-порошковой наплавке. Приведены требования к наплавочным порошкам, рассмотрены основные способы их производства, исследованы технологические особенности плазменной наплавки, приведена методика выбора режимов плазменно-порошковой наплавки и примеры наплавки ряда характерных деталей. Представлены сведения об оборудовании для плазменной наплавки, рассмотрены конструкции основных узлов установок и даны их характеристики.



**А. Г. Потапьевский.** **Сварка в защитных газах плавящимся электродом.**  
**Часть 1. Сварка в активных газах.** Издание 2-е, перераб. — 2007. — 192 с.

Описаны современные способы сварки в защитных газах плавящимся электродом, особенности горения дуги в защитных газах, виды переноса электродного металла и управление процессами сварки. Рассмотрены особенности металлургических реакций. Даны рекомендации по выбору электродной проволоки для сварки сталей, технике и технологии сварки, повышению производительности. Приведены сведения об аппаратах, источниках тока и системах обеспечения защитными газами, а также технике безопасности при выполнении сварочных работ.



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

Приведены современные данные об основах физики и технологий резки конструкционных материалов с применением различных методов термической и дистанционной резки: кислородной, плазменной, лазерной, водоструйной, взрывом, электронно-лучевой, ультразвуковой, солнечно-лучевой, электроэрозионной. Описано оборудование для данных методов, даны сведения по технике безопасности, освещен опыт их промышленного применения. Рассмотрены специальные термические и дистанционные технологии резки, приведены сведения по некоторым специальным технологиям механической резки.



**С. Т. Римский.** **Руководство по технологии механизированной сварки в защитных газах.** 2006. — 60 с.

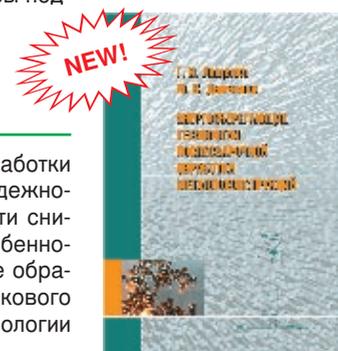
Составлено по материалам исследований, выполненных в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины и основанных на многолетнем опыте сотрудничества Института с ведущими предприятиями стран СНГ, выпускающими сварные металлоконструкции ответственного назначения. Содержит основные положения и рекомендации по технологии и технике механизированной и автоматической сварки металлоконструкций, изготавливаемых из низкоуглеродистых и низколегированных сталей в  $CO_2$  и в защитных газовых смесях на основе аргона плавящимся электродом.

Описаны требования к сварочным материалам, подготовке заготовок и сборке изделий. Рассмотрены вопросы уменьшения деформаций за счет выбора оптимальных режимов сварки и последовательности наложения швов, причины возникновения дефектов в сварных соединениях и меры по их предупреждению, а также вопросы подготовки кадров и техники безопасности.



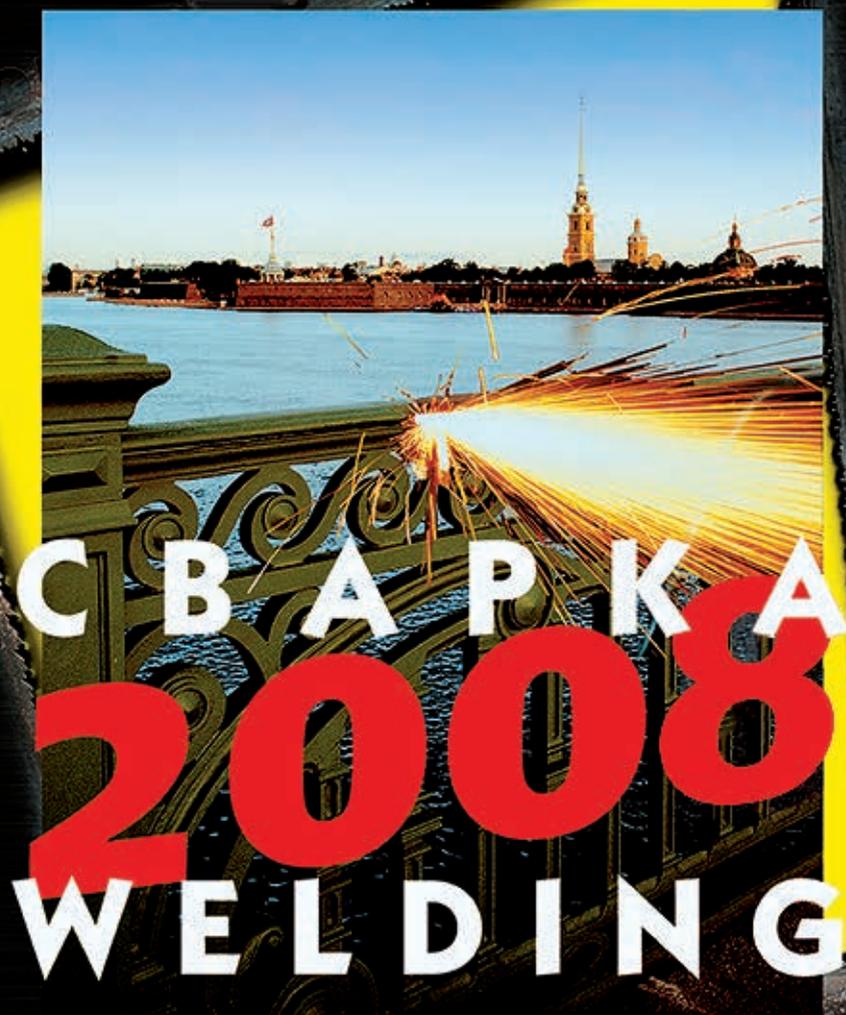
**Г. И. Лашенко, Ю. В. Демченко.** **Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций.** 2008. — 168 с.

Рассмотрены промышленные энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций с целью повышения их работоспособности и эксплуатационной надежности. Приведена классификация способов послесварочной обработки. Рассмотрены пути снижения энергозатрат при отпуске металлоконструкций. Освещены технологические особенности и области применения аргонодуговой обработки, вибрационной обработки, а также обработки поверхностным пластическим деформированием с использованием многобойкового инструмента, дроби и ультразвуковой обработки. Приведены комбинированные технологии послесварочной обработки.



При заказе книг необходимо представить копию квитанции о подписке. Талон-заказ размещен в конце журнала.

**МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
INTERNATIONAL EXHIBITION  
21-24.05.2008**



 **Ленэкспо** С.-Петербург

**РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, БОЛЬШОЙ ПР. В. О., 103  
103, BOLSHOY PR. V. O., 103 SAINT-PETERSBURG, RUSSIA  
☎ +7 812 321 2631/2722 WWW.WELDING.LENEXPO.RU**

КАХОВСКИЙ ЗАВОД ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

[WWW.KZESO.COM](http://WWW.KZESO.COM)

[MARKET@KZESO.COM](mailto:MARKET@KZESO.COM)



ВСЕ ТАЙНОЕ, СТАНОВИТСЯ ЯВНЫМ...





# Надлегкий Зварювальний щиток 360 грам!

НОВИЙ зварювальний щиток з фільтром автоматичного затемнення Speedglas™ SL вирізняється своєю надлегкою вагою (360 грам) та надзвичайно високими оптичними та експлуатаційними характеристиками:

- Може використовуватись у більшості типів дугової зварки
- Фільтр автоматично вмикається, коли зварник бере щиток, та вимикається, коли щиток залишається без роботи
- Вдосконалена система регулювання відстані до обличчя та кута нахилу щитка
- Нове наголів'я: легше пристосувати, комфортніше працювати

© 3M 2007. Усі права застережено.

**3M Україна**  
Матеріали та засоби безпеки праці  
Бізнес-центр «Поділ Плаза»  
вул. Спаська, 30А, оф. 7-3Б,  
04070, Київ, Україна  
Тел.: (044) 492 86 74, 490 57 77  
Факс: (044) 490 57 75  
[www.3m.com/ua/siz](http://www.3m.com/ua/siz)

**3M**