

Информационно-технический журнал

# Сварщик

Технологии  
Производство  
Сервис



№3 (25) 2002

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Учредители:

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

Издатель:

Издание журнала поддерживает:

штдр



Редакционная коллегия:

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Государственное внедренческое предприятие «Экотехнология»  
ГВП «Экотехнология»  
Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»  
Журнал издается при содействии Проекта УКР/98/006 «Обмен технологической информацией в Украине для поддержки экономических преобразований» Программы Развития Организации Объединенных Наций  
В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко, Ю. Я. Гречий, Л. Н. Горбань, В. Ф. Квасницкий, П. А. Косенко, А. А. Мазур, Я. И. Микитин, В. Н. Проскудин, В. Н. Радзиевский, А. М. Сливинский, А. В. Щербак, Я. М. Юзьков

Главный редактор

К. А. Ющенко

Заместители главного редактора

Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушный

Редакционная группа:

Литературный редактор

А. Л. Берзина

Ответственный секретарь

Т. Н. Мишина

Реклама

В. А. Никитенко, Т. Н. Мишина,  
Н. В. Кильчевский

Художник

В. Ю. Демченко

Компьютерный набор

А. Е. Рубleva

Верстка и компьютерная обработка

Т. Д. Пашигорова

Адрес редакции

03150 Киев, ул. Горького, 62

(044) 268-3523, 227-6502

Телефон

(044) 227-6502

Факс

welder@svitonline.com

E-mail

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

URL

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

Представительство в Беларуси

Москва, Александр Николаевич Тымчук  
(+7 095) 728-0134  
ООО «АНТ «Интеграция»

Представительство в России

Вильнюс, Александр Шахов  
(+370 2) 47-43-01

ПФ «Рекламос Центрас»

За достоверность информации и рекламы ответственность несет авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции. Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Представленные материалы должны быть напечатаны с указанием авторов, адреса, телефона. Редакция сохраняет за собой право редактировать и сокращать содержание статей. Переписка с читателями только на страницах журнала. При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 03.06.2002. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.  
Бумага офсетная №1, Гарнитура HeliosCondLight. Усл. л. 5,0.  
Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 03/06 от 3 июня 2002 г. Тираж 3000 экз.

Печать ООО «Людопринт Украина», 2002  
01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39–41, к. 1012–1014. Тел. (044) 220–0879, 227–4280.  
© «Экотехнология», «Сварщик», 2002

Журнал выходит 6 раз в год

Издается с апреля 1998 г.

Подписной индекс 22405

## СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологии . . . . .	3
Производственный опыт	
■ Диагностика и ресурс сварных соединений паропроводов ТЭС. Ч. 1. Анализ эксплуатационных повреждений сварных соединений. Ф. А. Хромченко, В. А. Лаппа, Р. Н. Калугин . . . . .	6
■ Наплавка порошковой проволокой опорных поверхностей машин непрерывного литья заготовок. Л. Н. Орлов, А. А. Голяевич, Д. П. Новикова, А. Д. Панин, Ю. В. Окунев . . . . .	9
Технологии нанесения покрытий	
■ Установка плазменного напыления ТОПАС–40. С. В. Петров, А. Г. Сааков, В. А. Сааков . . . . .	11
■ Детонационно–газовые установки «АДМ» для напыления. В. Х. Кадыров, Е. П. Ладан . . . . .	13
■ Плазменные технологии нанесения покрытий. П. А. Тополянский . . . . .	15
Наши консультации	33
Технологии и оборудование	
■ Робототехника в сварочном производстве. Б. В. Стесин, А. И. Бондаренко . . . . .	34
Экономика сварочного производства	
■ Сварочный рынок современной Японии. В. Н. Бернадский, О. К. Маковецкая . . . . .	36
Охрана труда	
■ Техника безопасности при термообработке сварных соединений. П. М. Корольков . . . . .	40
Подготовка кадров	
■ Очередной выпуск Международных инженеров–сварщиков. П. П. Проценко, В. Е. Пономарев . . . . .	43
Выставки	
■ Промышленно–инновационный форум «Промтехэкспо» (26–29 марта 2002 г.) . . . . .	44
■ Неделя высоких технологий в Санкт–Петербурге . . . . .	45
Юбилеи	
■ Владимиру Константиновичу Лебедеву — 80 лет. . . . .	46
Из истории сварки	
■ Ирвинг Ленгмюр и атомно–водородная сварка. А. Н. Корниенко . . . . .	47

2002

# Сварщик

Технології  
Виробництво  
Сервіс

Інформаційно-технічний журнал

Журнал виходить 6 разів на рік  
Видається з квітня 1998 р.  
Передплатний індекс 22405

№3 (25) 2002

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 3102 від 09.03.98

## Засновники:

Інститут електрозварювання  
ім. Є. О. Патона НАН України,  
Державне впроваджувальне  
підприємство «Екотехнологія»

## Видавець:

## Видання журналу підтримують:

шодр  проон



## Редакційна колегія:

Інститут електрозварювання  
ім. Є. О. Патона НАН України,  
Державне впроваджувальне  
підприємство «Екотехнологія»  
ДВП «Екотехнологія»  
Товариство зварників України,  
Національний технічний  
університет України «КПІ»  
Журнал видається за сприяння  
Проекту УКР/98/006 «Обмін  
технологічною інформацією в Україні  
для підтримки економічних  
перетворень. Програми Розвитку  
Організації Об'єднаних Націй

## Головний редактор

Б. М. Бернадський, Ю. К. Бондаренко,  
Ю. Я. Гречко, Л. М. Горбань,  
В. М. Ілющенко, В. Ф. Квасницький,  
М. М. Кононов, П. О. Косенко,  
В. М. Ліподаєв, О. А. Мазур,  
В. О. Метлицький, Я. І. Мікітін,  
Г. В. Павленко, В. М. Проскудін,  
П. П. Проценко, В. М. Радзієвський,  
І. О. Рябцев, А. М. Сливинський,  
Г. М. Шеленков, О. В. Щербак,  
Я. М. Юзьків

## Заступники головного редактора

К. А. Ющенко  
Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушний

## Редакційна група:

### Літературний редактор

### Відповідальний секретар

### Реклама

### Художник

### Комп'ютерний набір

### Верстка та комп'ютерна обробка

Адреса редакції  
03150 Київ, вул. Горького, 62

Телефон **(044) 268-3523, 227-6502**

Факс **(044) 227-6502**

E-mail [welder@svitonline.com](mailto:welder@svitonline.com)

URL <http://www.et.ua/welder/>

### Представництво в Біларусі

Представництво в Росії  
Мінськ, Вячеслав Дмитрович Сіваков  
(+375 17) 213-1991, 246-4245

Представництво в Прибалтиці  
Москва, Олександр Миколайович Тимчук  
(+7 095) 728-0134

ТОВ «АНТ «Інтеграція»

Вільнюс, Олександр Шахов  
(+370 2) 47-43-01

ПФ «Рекламос Центрас»

За достовірність інформації та реклами відповідальність несуть автори  
та рекламидаці. Думка авторів статей не завжди збігається з позицією редакції.  
Рукописи не рецензуються і не повертаються.

Представлені матеріали повинні бути надруковані із зазначенням адреси,  
телефону. Редакція зберігає за собою право редагувати та скорочувати  
зміст статей. Листування з читачами тільки на сторінках журналу.

У разі використання матеріалів у будь-якій формі посилення на «Сварщик» обов'язкове.

Підписано до друку 03.06.2002. Формат 60×84 1/8. Офсетний друк.  
Папір офсетний №1. Гарнітура HeijsCondLight. Ум. друк. арк. 5.0.  
Обл.-вид. арк. 5.2. Зам. № 03/06 від 3 червня 2002 р. Тираж 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопрінт Україна», 2002  
01023 Київ, вул. Ш. Руставелі, 39–41, к. 1012–1014. Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Екотехнологія», «Сварщик», 2002

## Зміст

Новини техніки та технології ..... 3

### Виробничий досвід

■ Діагностика та ресурс зварних з'єднань паропроводів ТЕС.  
Ч. 1. Аналіз експлуатаційних пошкоджень зварних з'єднань.  
*Ф. А. Хромченко, В. А. Лаппа, Р. Н. Калугін* ..... 6

■ Наплавлення порошковим дротом опорних поверхонь машин  
безперервного лиття заготовок.  
*Л. М. Орлов, А. Голякевич, Д. П. Новикова, А. Д. Панін, Ю. В. Окунев* ..... 9

### Технології нанесення покриттів

■ Установка плазмового напилення ТОПАС-40.  
*С. В. Петров, А. Г. Сааков, В. А. Сааков* ..... 11

■ Детонаційно-газові установки «ADM» для напилення.  
*В. Х. Кадиров, Е. П. Ладан* ..... 13

■ Плазмові технології нанесення покриттів. *П. А. Тополянський* ..... 15

■ **Наши консультації** ..... 33

### Технології та обладнання

■ Робототехніка в зварювальному виробництві. *Б. А. Стесін, А. І. Бондаренко* ..... 34

### Економіка зварювального виробництва

■ Зварювальний ринок сучасної Японії. *В. М. Бернадський, О. К. Маковецька* ..... 36

### Охорона праці

■ Техніка безпеки при термообробці зварних з'єднань. *П. М. Корольков* ..... 40

### Підготовка кадрів

■ Черговий випуск Міжнародних інженерів-зварників.  
*П. П. Проценко, В. Є. Пономарьов* ..... 43

### Виставки

■ Промислово-іноваційний форум «Промтехекспо» (26–29 березня 2002 р.) ..... 44

■ Тиждень високих технологій в Санкт-Петербурзі ..... 45

### Ювілеї

■ Володимиру Костянтиновичу Лебедеву — 80 років ..... 46

### З історії зварювання

■ Ірвінг Ленгмюр і атомно-водневе зварювання. *О. М. Корнієнко* ..... 47

## CONTENTS

News in Equipment and Technology ..... 3

### Industrial Experience

■ Thermoelectric Power Station Steam Pipelines Welded Joints Diagnostics and Resource. *F. Chromchenko, V. Lappa, R. Kalugin* ..... 6

■ Continuous Casting Machine Bearing Surfaces Deposition by Flux-Cored Wire. *L. Orlov, A. Goliakovich, D. Novikova, A. Panin, Yu. Okunev* ..... 9

### Surfacing Technologies

■ TOPAS-40 Plasma Sputtering Machine. *S. Petrov, A. Saakov, V. Saakov* ..... 11

■ «ADM» Gas Detonation Sputtering Machines. *V. Kadyrov, E. Ladan* ..... 13

■ Plasma-Based Surfacing Technologies. *P. Topoliansky* ..... 15

■ **Our Consultations** ..... 33

### Technology and Equipment

■ Robotic Equipment in Welding Production. *B. Stesin, A. Bondarenko* ..... 34

### Economy of Welding Production

■ Welding Market in Japan Today. *V. Bernadsky, O. Makovetskaya* ..... 36

### Job safety

■ Safety Methods for Thermal Treatment of Welded Joints. *P. Korolkov* ..... 40

### Professional Training

■ Next Graduation of International Welders-Engineers. *P. Procenko, V. Ponomariov* ..... 43

### Exhibitions

■ «Promtechexpo» Industrial-Innovation Forum (26–29 of March, 2002) ..... 44

■ High Technologies Week in St. Petersburg ..... 45

### Jubilees

■ 80<sup>th</sup> Anniversary of Dr. Vladimir Lebedev ..... 46

### From History of Welding

■ Irving Langmuir and Atomic-Hydrogen Welding. *A. Kornienko* ..... 47

# НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

## Установки для индукционной пайки и наплавки

Основу производственной программы завода «Российская электротехническая компания» («РЭЛТЭК») составляют:

- индукционные плавильные печи объемом от 0,5 кг до 10,0 т;
- вакуумные индукционные печи объемом от 0,5 до 250 кг;
- полупроводниковые преобразователи частоты мощностью до 1,5 мВт и частотой до 440 кГц;
- установки сквозной и поверхностной термообработки.

В последние годы освоено производство серии установок для индукционной пайки и наплавки.

**Установка индукционной пайки буровых коронок и твердосплавных накладок (рис. 1)** имеет тиристорный преобразователь частоты, нагревательный пост, механизм подачи коронок.

Нагревательный пост представляет собой шкаф с установленными в нем конденсаторами, соединительными шинами, трансформатором. Непосредственно на трансформаторе установлен индуктор. Механизм подачи коронок предназначен для автоматизации процесса загрузки коронок в индуктор.

### Техническая характеристика:

#### Преобразователь частоты:

Входная мощность, кВт . . . . . 100–160

Напряжение трехфазной

питающей сети, В . . . . . 380

Частота питающей сети, Гц . . . . . 50

Номинальное выходное

напряжение, В . . . . . 250

Номинальный выходной ток, А . . . . . 200

Выходная частота, кГц . . . . . 10–2,4

#### Нагревательный пост:

Масса нагреваемой

заготовки, кг . . . . . ≤1,0

Производительность, шт./ч . . . . . 120

Диаметр нагреваемых

изделий, мм . . . . . 16–200

#### Механизм подачи коронок:

Тип привода . . . . . Пневмопривод

Давление сжатого

воздуха, МПа . . . . . 0,4–0,6

Расход охлаждающей воды, м<sup>3</sup>/ч:  
нагревательного поста . . . . . 1,0  
преобразователя частоты . . . . . 2,0

#### Установка УПИ-10-440 (рис. 2)

предназначена для пайки твердосплавных пластин к режущим кромкам дисковых фрез и пил диаметром 120–1000 мм с толщиной полотна до 10 мм, сверл, резцов. Позволяет без нарушения структуры и деформации материала полотна фрезы производить пайку пластин при локальном нагреве токами высокой частоты. Имеет:

- приспособление для крепления и подачи детали в зону нагрева;
- приспособление, обеспечивающее точное соединение режущей кромки с напаянной пластинкой при заданных углах резания;
- полупроводниковый генератор высокой частоты с цифровой системой регулирования параметров режима нагрева;
- пиromетрическую систему измерения температуры в зоне нагрева.

Система управления автоматической поточной линией состоит из четырех взаимосвязанных систем:

1) системы управления источником, обеспечивающей глубокое частотное регулирование выходной мощности при сохранении высокой коммутационной устойчивости последнего;

2) блока выработки команд управления механической частью поточной линии;

3) блока таймеров, формирующего временные интервалы изменения хода программы, подачи охлаждающей жидкости и защитного газа;

4) программирующего устройства, формирующего сигнал-программы регулирования мощности источника питания.

#### Техническая характеристика:

#### Установка:

Диаметр закрепляемых полотен, мм (мин/макс) . . . . . 120/1000

Время единичного цикла пайки, с . . . . . 5–30

Потребляемая мощность 3×380 В (50 Гц), кВт, не более . . . . . 10

КПД генератора, %, не менее . . . . . 95

Напряжение на индукторе, В . . . . . 150

Номинальная частота, кГц . . . . . 440

Расход охлаждающей воды

при температуре 20 °C, м<sup>3</sup>/ч . . . . . 0,6

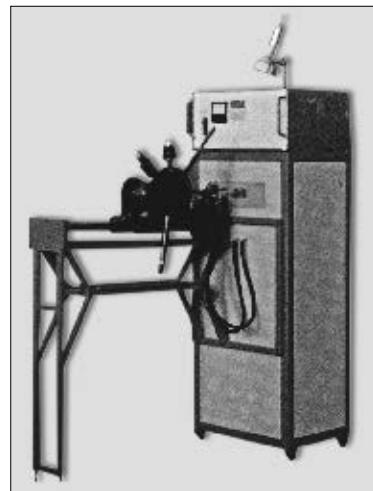
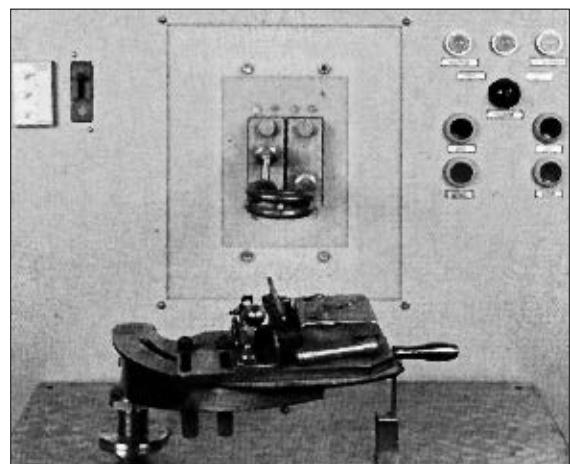


Рис. 1.  
Установка  
индукционной  
пайки буровых  
коронок и твердо-  
сплавных  
накладок

Рис. 2.  
Установка пайки  
инструмента  
УПИ-10-440

Габаритные размеры,  
мм, не более . . . . . 1600×620×1500

Масса, кг, не более . . . . . 150

#### Источник питания:

Производительность, дет./ч . . . . . 200

Потребляемая мощность, кВт . . . . . 55

Расход воды, м<sup>3</sup>/ч . . . . . 5,4

Давление воздуха

в пневмосети, МПа . . . . . 0,6–0,7

Диаметр наплавляемых клапанов, мм:

головки . . . . . 35,5

клапана . . . . . 115

стержня . . . . . 8

Входное давление

защитного газа, МПа . . . . . 0,01–0,05

Расход защитного газа,

м<sup>3</sup>/ч . . . . . 1,02–1,5

Масса наплавочного станка, кг . . . . . 450

■ #201

Завод «РЭЛТЭК» (Екатеринбург)



## Трансформатор сварочный КИ009-315

В ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования» разработан и серийно производится трансформатор КИ009-315 для ручной дуговой сварки покрытыми электродами диаметром от 2,0 до 5,0 мм переменным током низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

### Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В . . . . .	380
Номинальный сварочный ток, А, при ПВ=60% и цикле сварки 5 мин . . . . .	315
Номинальное рабочее напряжение, В . . . . .	32
Напряжение холостого хода, В . . . . .	63
Номинальный потребляемый ток, А . . . . .	60
Диапазон регулирования сварочного тока, А . . . . .	90–315
Номинальная потребляемая мощность, кВ·А, не более . . . . .	20
КПД, % . . . . .	70

Габаритные размеры, мм . . . . .	550×544×630
Масса, кг, не более . . . . .	120

Трансформатор имеет простую конструкцию для механического регулирования сварочного тока с помощью подвижного шунта, что обеспечивает плавное регулирование сварочного тока. Удобен для работы в монтажных и стационарных условиях при изготовлении и ремонте различных металлических конструкций. ■ #202  
ОАО «КЗЭСО» (Каховка)

## Многослойные полимерные трубы и оборудование для их производства

Применение современных полимерных материалов при изготовлении и ремонте газопроводов, водопроводов, теплоизолированных трубопроводов подачи горячей воды и пара, строительстве новых и ремонте изношенных канализационных коллекторов становится перспективным и актуальным благодаря высокой долговечности подобных конструкций, большей технологичности при прокладке и эксплуатации.

Успешному решению проблем, связанных с широким применением современных полимерных материалов в строительстве и ремонте различных трубопроводов, способствует разработка технологии производства полимерных спирально-шовных труб и создание техники для этих целей.

Основой технологии изготовления полимерных спирально-шовных труб является идея многослойности: формирования стенки трубы из нескольких однородных или разных по свойствам (металл-полимер) лент, накладываемых одна на другую, которые составляют свариваемую полосу. Полосу подают в формирующее устройство под углом 8° к продольной оси свариваемой трубы, формируя цилиндрическую трубную заготовку. Между кромкамистыкуемой полосы размещают присадку, которую нагревают вместе с соединяемыми кромками, и затем за счет обжатия в шовно-обжимных роликах получают сварное соединение. Присадка имеет специально профицированную фигуруную форму.

При чередовании полимерных и металлических полос в последних для большей адгезии с полимерными предусматривают технологические отверстия, выступы или развитую поверхность (приваривают обрезки проволоки). Помимо этого и сама присадка может быть армированной.

Бикомпонентные (набранные из стальной и полимерной ленты) стенки многослойных труб имеют повышенную сопротивляемость воздействию нагрузок, а изготовленные из них трубы способны выдерживать значительное внутреннее и внешнее давление, при этом имея небольшую массу. Количество лент в полосе, толщину и структуру стенки (одно- или бикомпонентная) выбирают в зависимости от конкретных условий эксплуатации трубы.

Фигурная форма присадки придает ей дополнительную функцию — усиливающего конструктивного элемента, что упрочняет зону соединения полос и повышает жесткость всей конструкции. Например, для повышения сопротивляемости большим нагрузкам усиливающий элемент выполняют в виде ребра жест-

кости, нижняя часть которого охватывает не только область соединения кромок, но и зону термического влияния.

В случае необходимости размещения полиэтиленовой трубы внутри другой, (например, при ремонте канализационных сетей, когда трубу из термопласта вставляют в стальную с большим диаметром) для предотвращения ее заклинивания или стопорения используют конструкцию присадочного элемента, показанную на рис. 1. При этом площадь контакта соприкасающихся поверхностей сокращается, и продвижение трубы существенно упрощается.

Трубы из полиэтилена, пропилена или с бикомпонентной стенкой изготавливают на автоматизированной линии (рис. 2), в состав которой входят узел размотки свариваемых лент, устройство длястыковки лент, ротационная установка для формирования и сварки полимерной трубы, устройство для отрезки труб мерной длины, приемное устройство, устройство длястыковки полимерных труб и отводов.

### Техническая характеристика:

Диаметр труб, мм . . . . .	150–1000
Толщина стенки труб, мм . . . . .	2–15
Потребляемая мощность, кВт . . . . .	15
Производительность, м/ч . . . . .	30
Габаритные размеры линии, мм . . . . .	3000×2000×2000
Масса, кг . . . . .	2500

Оборудование для производства полимерных труб отличается чрезвычайной компактностью, что позволяет разместить его на грузовом автомобиле.

В настоящее время Опытный завод сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона изготавливает трубы и автоматизированные линии для их производства. ■ #203

**В. А. Титов**, канд. техн. наук,

**А. Н. Волков**, инж.,

**Б. В. Данильченко**, д-р техн. наук, ОЗСО им. Е. О. Патона (Киев)

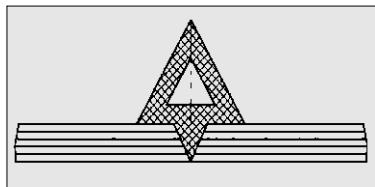


Рис. 1.  
Конструкция присадочного элемента, предотвращающего заклинивание или стопорение



Рис. 2.  
Автоматизированная линия производства спирально-шовных труб

## «Тандемный» источник питания

В НИЦ «Дуга» ИЭС им. Е. О. Патона разработана и испытана на практике схема, позволяющая просто и эффективно включать в параллельную работу два, три и более универсальных выпрямителя ВДУ-506 или аналогичных. На ОАО «Артемовский завод «Дориндустрия» для выполнения наплавочных работ двумя дугами одновременно (расщепленной дугой) на токах до 850 А при ПВ=100% потребовался источник питания с плавной дистанционной регулировкой и управлением. Приобретенные ранее в рамках этой работы два источника ВДУ-506 могли удовлетворить эти требования только в варианте параллельного включения. Как известно, при включении источников питания на параллельную работу необходимо соблюдать следующие основные правила:

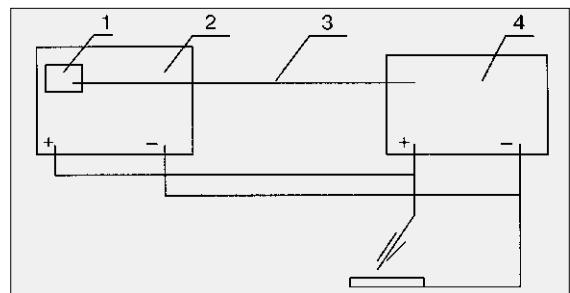
- напряжение холостого хода источников питания должно быть одинаковым;
- внешние характеристики источников питания должны быть однотипны (крутопадающие, пологопадающие или жесткие);
- сварочный ток источников питания должен быть отрегулирован на одно и то же значение;

■ для контроля напряжения холостого хода при настройке, а также для распределения токов при сварке необходимо включать вольтметры и амперметры, измеряющие напряжение и силу сварочного тока отдельных источников.

Рекомендуется также соединять источники питания одного типа или с одинаковыми номинальными данными. В общем случае все зажимы соединяемых источников питания, имеющих одноименную полярность или одинаковую фазу, соединяют между собой, получая два общих зажима, от которых питается сварочная дуга. Для соблюдения этих условий было решено создать источник-«тандем», состоящий из двух выпрямителей ВДУ-506 (рисунок). Один из них — 4, названный «ведомым», не имеет блока управления. Обоими источниками управляет один блок 1, расположенный в «ведущем» выпрямителе 2. Связь между выпрямителями осуществляется по кабелю 3.

При такой схеме реализуется ряд преимуществ, проявившихся в ходе работы:

- мощное охлаждение двумя вентиляторами двух выпрямительных блоков;
- выпрямление двенадцатью работающими параллельно тиристорами более качественное, чем шестью, как в источнике питания ВДУ-1201;
- такое же дистанционное включение и управление «тандемным» источни-



ком питания, как и при включении и управлении одним ВДУ-506.

Следует отметить, что так как для соединения «тандема» необходим лишь один «ведущий» выпрямитель с блоком управления, то для «ведомого» можно использовать выпрямители из разукомплектованного оборудования, с неисправными или отсутствующими блоками управления. Единственное требование — они должны быть однотипны с «ведущим».

Особенно эффективен «тандемный» источник питания для предприятий, у которых есть заказ на выполнение работ по сварке или наплавке на токах до 1000 А при ПВ=100%, но нет средств для приобретения источника питания требуемой мощности. Выпрямители же класса ВДУ-506 есть практически у всех. При необходимости возможна и обратная переделка, превращающая «тандем» в независимые выпрямители. ■ #204

**А. В. Ганчук, НИЦ «Дуга» (Киев)**

## Сварочный выпрямитель ВС-600

Предназначен для механизированной дуговой сварки сплошной электродной проволокой в среде защитных газов на постоянном токе углеродистых, легированных и коррозионностойких сталей.

Выпрямитель имеет жесткую внешнюю характеристику и ступенчатое регулирование напряжения. Достаточно большая мощность и малые габаритные размеры позволяют успешно применять его как при изготовлении металлоконструкций в производственных условиях, так и при ремонтно-восстановительных работах в условиях монтажа.

Выпрямитель ВС-600 комплектуют полуавтоматами типа ПДГ, выпускаемыми «Фирмой СЭЛМА». По заказу потребителей возможна поставка выпрямителей, адаптированных к любому типу по-

луавтомата для дуговой сварки. Для удобства перемещения выпрямителя предусмотрена тележка с колесами.

### Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В ..	3×380
Частота питающей сети, Гц ..	50
Номинальный сварочный ток, А, при ПВ=100% .....	630
Пределы регулирования сварочного тока, А .....	50–630
Номинальное рабочее напряжение, В .....	46
Напряжение холостого хода, В, не более .....	60
Количество ступеней регулирования .....	28
Потребляемая мощность, кВ·А, не более .....	37
Масса, кг, не более .....	257
Габаритные размеры, мм, не более .....	753×598×917

По сравнению с ранее выпускавшимися новым выпрямитель имеет следующие преимущества:

■ возможностьстыковки с любым полуавтоматом типа ПДГ;

■ простоту и надежность конструкции, обеспечивающие повышенную долговечность при эксплуатации;

■ цифровую индикацию сварочного тока и напряжения;

■ автоматическую защиту сети;

■ малые габаритные размеры и массу.

Применение современных схемных и дизайнерских решений обеспечивает простоту и надежность эксплуатации выпрямителя, а также улучшенный внешний вид.

При эксплуатации выпрямителя с полуавтоматами типа ПДГ, А-547, «ГРАНИТ», А-1230 и т. п. он успешно заменяет выпрямители ВДГ-303, ВС-632 и др.



■ #205

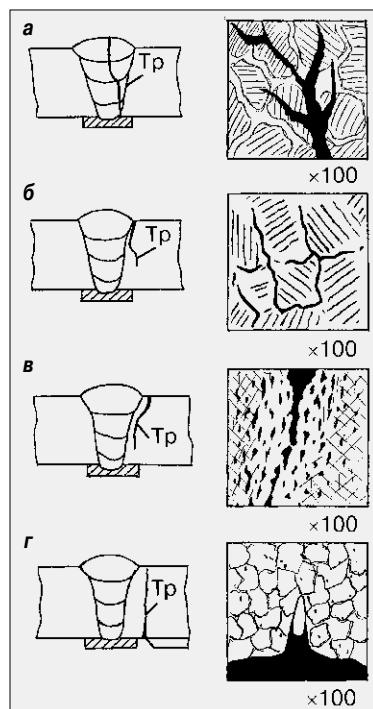
**В. Сорока, ОАО «Фирма СЭЛМА» (Симферополь)**

# Диагностика и ресурс сварных соединений паропроводов ТЭС

## Часть 1. Анализ эксплуатационных повреждений сварных соединений

Ф. А. Хромченко, д–р техн. наук, В. А. Лаппа, Р. Н. Калугин, АООТ «ВТИ» (Москва)

**С**варные соединения относятся к категории относительно слабых элементов в системе паропроводов из теплоустойчивых хромомолибденонадиевых сталей 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и 15Х1М1ФЛ. Повреждения сварных соединений обусловлены технологическими, конструкционными и эксплуатационными причинами (факторами) и развиваются по механизмам хладноломкости, усталости, ползучести (табл. 1, рис. 1).



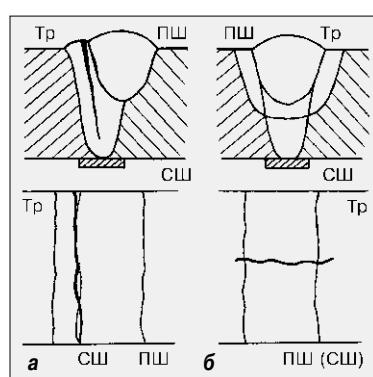
**Рис. 1. Типичные повреждения сварных соединений паропроводов из хромомолибденонадиевых сталей:**  
а — трещина хладноломкости;  
б — локальное повреждение при повторном нагреве в зоне термического влияния;  
в — трещина ползучести в зоне термического влияния сварного соединения;  
г — трещина усталости

Холодные трещины (рис. 1, а), развивающиеся по механизму хладноломкости, ориентированы как вдоль, так и поперечно сварному шву. Их появление связано с нарушениями оптимальной штатной сварочно-термической технологии, при этом основными являются три причины: появление закалочной структуры в зоне высокотемпературного нагрева при сварке (результат сварки без подогрева или необоснованной отмены послесварочной термической обработки); насыщение металла водородом (результат использования при сварке непрокаленных сварочных материалов); наличие концентраторов напряжений технологического и конструкционного происхождения (сварочных дефектов типа шлаковых включений, несплавлений, кристаллизационных трещин и другое, зон резкого перехода в разнотолщинных трубных элементах). Вероятность появления холодных трещин возрастает с увеличением толщины свариваемых деталей. Повреждения такого рода носят внутриизеренный хрупкий характер и обычно проявляются при гидроиспытаниях паропроводов, в периоды пусков энергооборудования, а также при монтаже (реконструкции) паропроводов под действием ударных нагрузок. Показателем склонности сварных соединений к холодным трещинам служит критическая температура хрупкости металла, значения которой могут достигать 80–100 °С и выше.

Локальные хрупкие повреждения, развивающиеся по механизму ползучести, возникают преимущественно в ЗТВ

при повторном после сварки нагреве в интервале температур 500–700 °С. Этому способствует процесс дисперсионного окрупчивания металла и релаксация в таких условиях остаточных сварочных напряжений. Причины появления такого вида повреждений кроются в нарушении оптимальной сварочно-термической технологии, в том числе в необоснованной отмене послесварочной термической обработки или проведении ее с недостаточным нагревом — недоотпуском. Помимо типичного повреждения в ЗТВ вдоль сварного шва (рис. 1, б), наблюдаются поперечные трещины, ориентированные поперечно подварочному шву в отремонтированных сварных соединениях (рис. 2, б).

Межзеренные кольцевые трещины, развивающиеся по механизму ползучести, ориентированы вдоль сварного шва и распространяются с наружной поверхности сварного соединения в глубь металла. Повреждение развивается в разупрочненной прослойке зоны термического влияния (ЗТВ<sub>рн</sub>) и носит межзереный хрупкий характер (рис. 1, в). Берега магистральной трещины, как правило, повреждены порами и микротрещинами ползучести. Отказы сварных соединений по такому виду повреждения происходят в процессе длительной эксплуатации паропроводов и обусловлены статической перегрузкой металла ЗТВ<sub>рн</sub> (влияют условия эксплуатации, технология сварки и конструкция сварной детали). В отдельных случаях повреждения развиваются по сварному шву из-за несоответствия наплавленного металла марочному составу, что выражается пониженной твердостью металла шва по сравнению с твердостью основного металла. В некачественно отремонтированных сварных соединениях такие повреждения отмечаются в виде кольцевой продольной трещины ползучести, распространяющейся



**Рис. 2. Типичные повреждения сварных соединений с ремонтной подваркой паропроводов из хромомолибденонадиевых сталей:**  
а — кольцевая трещина в старом шве (СШ) — межкристаллитное повреждение по механизму ползучести;  
б — поперечная трещина в подварочном шве (ПШ) с переходом в старый шов и ЗТВ соединения — внутриизеренное повреждение по механизму хладноломкости

**Таблица 1. Характеристика повреждений сварных соединений**

Металлографический признак (рис. 1)	Механизм повреждения	Зона повреждения	Длительность наработки, тыс. ч	Фактор повреждения
<b>Холодные трещины</b> Трешины зарождаются на границах аустенитных зерен и распространяются с характерным внутризеренным разрушением	Хладноломкость	МШ, ЗТВ <sub>03</sub>	До 5	Технологический, конструкционный, эксплуатационный
<b>Локальные разрушения</b> Межзеренные трещины в крупнозернистом металле. Магистральной трещине сопутствуют поры и микротрещины ползучести по границам зерен	Ползучесть в условиях дисперсионного охрупчивания металла	ЗТВ <sub>03</sub> , МШ	До 15–20	Технологический, эксплуатационный
<b>Трешины ползучести</b> Межзеренные трещины в мелкозернистой прослойке металла ЗТВ. Магистральной трещине сопутствуют поры и микротрещины ползучести. Межзеренный хрупкий характер повреждения Вязкое по телу зерна внутризеренное или смешанное повреждение литого металла шва	Ползучесть	ЗТВ <sub>рп</sub>	Более 60–80	Эксплуатационный, конструкционный, технологический
<b>Усталостные трещины</b> Термические трещины — смешанный характер повреждения, петлеобразный с многочисленными ответвлениями от технологических и конструкционных концентратов напряжений Коррозионно-усталостные трещины — внутризеренный характер повреждения с незначительной разветвленностью трещин. В поперечном сечении трещины имеют вид полостей или нитевидную форму. Повреждение может иметь вид сетки или ориентироваться по рискам и/или следам от механической обработки или от сварочных дефектов Усталостные трещины от циклических механических нагрузок в условиях ползучести — внутризеренный характер повреждения от концентратов напряжений	Термическая усталость Коррозионная усталость	Все зоны сварного соединения То же под напряжением	До 20–50 Более 50–70	Эксплуатационный, конструкционный, технологический То же
	Усталость при ползучести и циклических нагрузках	« «	Более 50–80	« «

Примечание. МШ — металл шва; ЗТВ — зона термического влияния: ЗТВ<sub>03</sub> — в околосшовной зоне, ЗТВ<sub>рп</sub> — в разупрочненной прослойке металла.

**Таблица 2. Статистические данные по повреждениям сварных соединений паропроводов ТЭС**

Число обследованных паропроводов на ТЭС	Температура эксплуатации, °C	Число случаев повреждений	Доля повреждений, приходящихся на сварные соединения указанных типов, %			Источник информации
			TCC	CCC <sub>РТЭ</sub>	CCC	
1100 паропроводов на 56 ТЭС	500–570	96	25	60	15 <sup>1</sup>	По данным Уралтехэнерго, 1973 г.
76 паропроводов на 38 энергоблоках 9 ТЭС	540	174	100	—	—	По данным статистического анализа повреждений, проведенного ВТИ, 1988 г. <sup>2</sup>
154 паропровода на 20 ТЭС	540–560	234	59	34	7	По данным ВТИ, 1990 г.
16 паропроводов на 8 энергоблоках Конаковской ГРЭС	545	309	78	20	2	По данным Конаковской ГРЭС, 1993 г.
12 паропроводов на 6 энергоблоках Березовской ГРЭС	545	168	25	75	0	По данным Березовской ГРЭС, 1994 г.
Паропроводы Апатитской ТЭЦ	540	20	0	100	0	По данным Апатитской ТЭЦ, 1993 г.
Паропроводы 4 энергоблоков 300 МВт Рязанской ГРЭС	545	41	73	22	5	По данным Рязанской ГРЭС, 1994 г.
Паропроводы 2 энергоблоков 200 МВт Щекинской ГРЭС	545	25	100	0	0	По данным Щекинской ГРЭС, 1994 г.
Паропроводы 6 энергоблоков 160 МВт Невинномысской ГРЭС	545	8	25	75	0	По данным Невинномысской ГРЭС, 1994 г.
Паропроводы 8 энергоблоков 300 МВт Новочеркасской ГРЭС	545	28	25	75	0	По данным Новочеркасской ГРЭС, 1999 г.

Примечания. 1. Повреждения сварных стыков паропроводных труб преимущественно приходятся на соединения, расположенные вблизи неподвижных опор. 2. Анализировали повреждения только по тройниковым соединениям: TCC — тройниковое сварное соединение; CCC — стыковое сварное соединение паропроводных труб; CCC<sub>РТЭ</sub> — стыковое сварное соединение разнотолщинных трубных элементов.

## Диагностика и ресурс сварных соединений паропроводов ТЭС

### Часть 1. Анализ эксплуатационных повреждений сварных соединений

#### ЗАДАЧИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



**Рис. 3. Методологический подход технического диагностирования сварных соединений паропроводов ТЭС**

по разупрочненному участку наплавленного металла, ограниченного контурами старого и подварочного шва (*рис. 2, а*). Рассмотренный вид трещин по ЗТВ<sub>пр</sub> и металлу шва классифицируется как повреждение, наиболее опасное при длительной эксплуатации сварных соединений.

Усталостные трещины, обусловленные действием переменных нагрузок, развиваются преимущественно в зонах конструкционных и технологических концентраторов напряжений, в том числе в районе углового шва штуцерных и тройниковых сварных соединений, в местах расположения технологических дефектов сварки. Трещины развиваются по механизмам термической, коррозионной (см. *рис. 1, г*) и механической усталости.

Из результатов анализа статистических данных (*табл. 2*) примерно 150 тыс. сварных соединений, эксплуатирующихся на 1500 паропроводах ТЭС с максимальной наработкой до 200–300 тыс. ч, установлены следующие факторы, вызвавшие 1103 случая повреждений:

- технологический фактор, обусловленный неоднородностью структуры и свойств в зонах сварного соединения — примерно 92–95% повреждений развиваются в разупрочненной прослойке металла и около 5–8% повреждений приходится на металл шва;
  - конструкционный фактор — в среднем 95% повреждений отмечается в сварных соединениях с повышенной концентрацией напряжений, к ним относятся штуцерные, тройниковые и стыковые сварные соединения разнотолщинных элементов труб, на долю которых из общего количества сварных соединений на паропроводе приходится 10–20%; около 5% повреждений относится к стыковым соединениям разнотолщинных трубных элементов, и отказы связаны главным образом с экстремальными условиями эксплуатации;
  - эксплуатационный фактор — с увеличением температуры эксплуатации с 510 до 545–560 °C количество повреждений сварных соединений возрастает на порядок, что указывает на роль ползучести в развитии повреждений металла в разупрочненной прослойке (ЗТВ<sub>пр</sub>), этот процесс ускоряется с увеличением нагрузок из-за неудовлетворительной работы дренажных линий, недопустимо высоких скоростей разогрева и охлаждения, неудовлетворительного состояния опорно-подвесной системы, наличия защемлений и противоуклонов на трассе паропровода и др. По данным АО «Фирма ОРГРЭС», практически все паропроводы имеют уча-
- стки, в которых эквивалентные напряжения на 15–25% превышают проектные значения, а примерно 10% паропроводов эксплуатируются с участками, где эквивалентные напряжения от всех видов нагрузок превышают предельно допустимый уровень для данного срока службы;
- комплексное действие технологического, конструкционного и эксплуатационного факторов — это соответствует особенностям работы сварных соединений с учетом их технологической и metallургической истории, причем один из этих факторов является основной причиной повреждения, а остальные играют роль сопутствующих.
- В качестве примера рассмотрим повреждение стыкового сварного соединения паропровода диаметром 273×36 мм из стали 12Х1МФ, отработавшего 236 тыс. ч при температуре 545–565 °C. Это вызвало в 1997 г. аварийный останов энергооборудования на ГРЭС-19 АО «Ленэнерго». Магистральная трещина развивалась по механизму ползучести в разупрочненной прослойке металла с наружной поверхности в глубь трубного элемента. В результате исследования, проведенного АООТ «ВТИ», было установлено, что основная причина повреждения заключалась в действии недопустимо высоких изгибающих нагрузок из-за нарушения проектного состояния расположенной у стыка опоры (эксплуатационный фактор — опора была нарушена при последнем капитальном ремонте), что подтверждается отсутствием значительных микроповреждений металла по краям магистральной трещины. Сопутствующими причинами были конструкционный фактор (повреждение со стороны утонченного трубного элемента) и технологический фактор (наличие разупрочненной прослойки металла, которая неизбежна в каждом сварном соединении с обеих сторон шва).
- Обеспечение безаварийной длительной эксплуатации сварных соединений паропроводов требует совершенствования методов эксплуатационного контроля и прогнозирования сроков службы с учетом их возможного продления, что лежит в основе задач технического диагностирования. Методология такого диагностирования представлена схемой на *рис. 3*.

■ #206

# Наплавка порошковой проволокой опорных поверхностей машин непрерывного литья заготовок

**Л. Н. Орлов, канд. техн. наук, А. А. Голякевич, инж., ТМ «ВЕЛТЕК» (Киев), Д. П. Новикова, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона, А. Д. Панин, Ю. В. Окунев, инженеры, НКМЗ (Новокраматорск)**

**О**порные поверхности сегментов машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) работают в атмосфере водяного пара, испытывают циклические нагрузки, вызванные прокаткой отливаемых и деформируемым заготовок. Для сохранения размеров между формирующими роликами необходимо исключить коррозию опорных поверхностей сегментов, что достигается нанесением на них коррозионностойкого слоя металла. В данном случае наиболее целесообразно применение дуговой наплавки плавящимся электродом.

Для обеспечения коррозионной стойкости содержание хрома в наплавленном металле должно быть не менее 11,5%. Учитывая условия работы опорных поверхностей рам сегментов МНЛЗ, наплавленный слой должен иметь твердость 250–300 HV. Для изготовления рам обычно применяют прокат из низколегированной стали 17Г1С. Традиционно для этой цели используют наплавку покрытыми электродами УОНИ-13 НЖ. Однако этому способу наплавки присущи существенные недостатки:

- необходимые коррозионные свойства наплавленного металла обеспечиваются в третьем–четвертом слое;
- твердость наплавленного металла составляет 33–48 HRC<sub>3</sub>;
- высокое значение коэффициента использования покрытых электродов ( $K=1,7$ ).

Из этого следует, что применение этих электродов ведет к неоправданно

высокому расходу дорогостоящего материала, кроме того, высокая твердость наплавки затрудняет проведение последующей механической обработки.

Цель работы заключалась в создании технологии экономной наплавки коррозионностойкого слоя на опорные поверхности сегментов МНЛЗ без последующей термообработки. Наиболее рациональным способом решения поставленной задачи являлась разработка порошковой проволоки ферритно–мартенситного класса для механизированной наплавки в среде защитных газов. В качестве наплавочного материала предпочтение было отдано газозащитной порошковой проволоке рутилового типа, обладающей хорошими технологическими свойствами (высокая стабильность процесса, хорошее формирование наплавленного металла, самопроизвольное отделение шлаковой корки), а также более высокими значениями выхода годного металла (1,15%). В качестве защитной среды был выбран углекислый газ.

Одной из проблем при наплавке высокохромистого металла является его склонность к образованию кристаллизационных трещин. В процессе разработки системы легирования сердечника порошковой проволоки было установлено, что при применении традиционного раскисления металла сварочной ванны кремнием и марганцем имели место горячие трещины в наплавленном металле. Для выяснения причин образования горячих трещин была избрана проба в виде пластины 300×300×30 мм с жесткостью, аналогичной жесткости наплавляемого изделия, так как пробы меньшей жесткости не воспроизводят условия кристаллизации металла валика (ТИХ, темп деформации и др.). После наплавки проб были вырезаны образцы наплавленного металла с трещинами и без них. Образцы были разрушены по наплавленному ме-

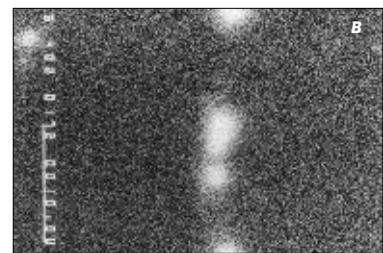
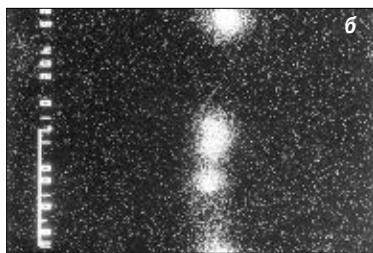
таллу для проведения фрактографического анализа поверхностей разрушения и горячих трещин. Шлифы готовили по стандартной методике. Для выявления структуры образцы травили электролитически в водном растворе щавелевой кислоты и в нитале. Структуру исследовали на оптическом микроскопе «Неофот-32». Твердость замеряли микротвердомером фирмы «Леко». Шлифы исследовали в полированном и травленном состояниях. Поверхность разрушений и шлифов изучали на рентгеновском микроанализаторе «Superprobe-733» (JEOL, Япония). При сравнительных исследованиях образцов применены:

- съемка во вторичных электронах и в отраженных, чувствительных к среднему атомному номеру структурных составляющих материалов;
- съемка в характеристических излучениях элементов, присутствующих в стали, и распределения химических элементов вдоль линии через границы структурных составляющих (как более чувствительного метода выявления небольших изменений концентраций химических элементов);
- качественный рентгеновский микролитографический анализ (позволяет выявить элементный состав материала и относительное содержание этих элементов).

Исследования показали, что трещины проходят как по ферритной, так и по мартенситной структурам (рис. 1). Горячие кристаллизационные трещины параллельны друг другу и осям дендритов, наблюдается «эстафетная передача» трещин от сульфида к сульфиду (рис. 2). На поверхности горячих трещин выявлены неоднородность распределения кремния, марганца и серы, высокая плотность распределения скоплений сульфидов марганца не глобуллярной формы (рис. 3, а, б). Причиной образования горячих трещин в высокохроми-

**Рис. 1.**  
Структура наплавленного металла с горячими трещинами ( $\times 175$ )





**Рис. 2. Расположение сульфидов марганца в горячей трещине:** а — внешний вид горячей трещины ( $\times 4000$ ); б — распределение серы ( $\times 4000$ ); в — распределение марганца ( $\times 4000$ )

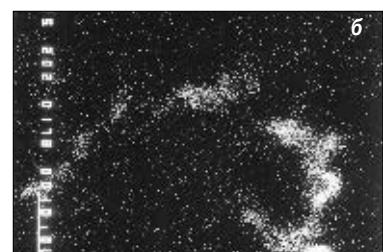
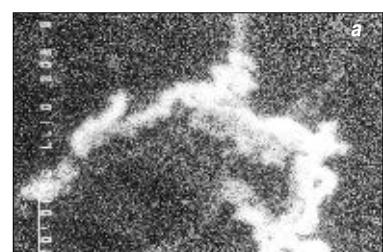
## Наплавка порошковой проволокой опорных поверхностей машин непрерывного литья заготовок

стом металле, наплавленном порошковой проволокой с традиционной системой раскисления (Si—Mn), является ликвидация серы и марганца, приводящая к образованию большой плотности сульфидов марганца. Применение комплексного раскисления Si—Mn—Al—Ti позволило получить наплавленный металл без кристаллизационных трещин как на образцах, так и на изделиях. В металле наблюдаются дисперсные, равномерно распределенные силикатные включения, встречаются глобулярные хромосиликатные и окисульфидные включения. Отсутствуют цепочки и скопления неметаллических включений. Образование на стадии ванны дисперсных равномерно распределенных оксидов инициирует формирование окиссульфидов. В результате на последней стадии кристаллизации сварочной ванны не создаются условия для образования цепочек или

скоплений сульфидов марганца. Структура наплавленного металла ферритно-мартенситная. При содержании хрома менее 12,5% преобладает мартенситная составляющая, при которой твердость наплавленного металла превышает 300 HV, а при содержании хрома более 14% увеличивается доля ферритной составляющей, при этом наблюдается снижение твердости менее 250 HV. Содержание в металле наплавки углерода 0,06–0,08% и хрома 13–14% обеспечивает образование ферритно-мартенситной структуры. При макротвердости наплавки 250–300 HV микротвердость феррита  $H_{\mu 50}$  180, а мартенсита  $H_{\mu 50}$  460.

Полученные результаты были реализованы при разработке газозащитной порошковой проволоки ПП—Нп—08Х14 диаметром 2,0 мм, технологии и техники наплавки опорных поверхностей сегментов МНЛЗ.

При наплавке деталей из стали 17Г1С для уменьшения влияния основного металла на химический состав наплавленного металла предусмотрено выполнение наплавки первого слоя на прямой полярности, а второго — на обратной. В результате оптимизации параметров процесса наплавки получено заданное прогревание основного металла и, как следствие, стабильные показатели химического состава и твердости наплавленного слоя. Процесс



**Рис. 3. Скопление сульфидов марганца на поверхности горячей трещины:** а — распределение марганца ( $\times 2000$ ); б — распределение серы ( $\times 2000$ )

наплавки порошковой проволокой возможен в нижнем и вертикальном положениях. Он легко может быть освоен сварщиками на стандартных полуавтоматах.

Разработанная технология наплавки газозащитной порошковой проволокой ПП—Нп—08Х14 диаметром 2,0 мм реализована на Новокраматорском машиностроительном заводе при изготовлении сегментов МНЛЗ для металлургических предприятий «Ekostal» (Германия), «VAI» (Австрия), «LTV» (США), Новолипецкого металлургического комбината (Россия) и др.

■ #207



## К 10-ЛЕТИЮ НПП «ИНТРОН-СЭТ»

Донецкое научно-производственное предприятие «ИНТРОН-СЭТ» создано в апреле 1992 г. Основные направления деятельности — разработка, изготовление, поставка, внедрение, ремонт и сервисное обслуживание приборов и оборудования для неразрушающего контроля и технической диагностики. Предприятие предлагает потребителям как недорогие, прежних лет выпускавшие в употреблении, так и суперсовременные отечественные и импортные ультразвуковые и магнитные дефектоскопы, структуроскопы, толщиномеры, твердомеры, трассоискатели, рентгеновские аппараты, стандартные образцы, прецизионные приборы.

Не оставлены без внимания и проблемы ремонта машин и механизмов, особенно актуальные в настоящее время. Использование предлагаемых предприятием гидро- и пневмоинструментов, ремонтных материалов немецкой фирмы «Диамант», современных герметиков и специальных клеев для резцов позволит потребителям существенно сократить затраты на ремонт, повысить производительность и культуру труда.

С 1999 г. НПП «ИНТРОН-СЭТ» — коллективный член Украинского общества неразрушающего контроля и технической диагностики. С 2000 г. предприятие является официальным представителем в Украине российских

фирм ЗАО «ПАНАТЕСТ», ЗАО «Диагност», ООО «Интрон-плюс».

Коллектив квалифицированных специалистов всегда открыт для общения с клиентами и готов к сотрудничеству. Предприятие принимает активное участие в конференциях и выставках. Надежность и качество поставляемой продукции, качественный ремонт и сервисное обслуживание, гибкая система скидок и поощрений позволили НПП «ИНТРОН-СЭТ» зарекомендовать себя надежным партнером в деле оснащения предприятий Украины современными средствами и технологиями неразрушающего контроля и технической диагностики.

# Установка плазменного напыления ТОПАС-40

**С. В. Петров, д-р техн. наук, А. Г. Сааков, канд. техн. наук, В. А. Сааков, инж., НПП ТОПАС (Киев)**

**О**сновные этапы в совершенствовании газотермических покрытий связаны с разработкой и реализацией новых подходов при создании аппаратуры и напыляемых материалов.

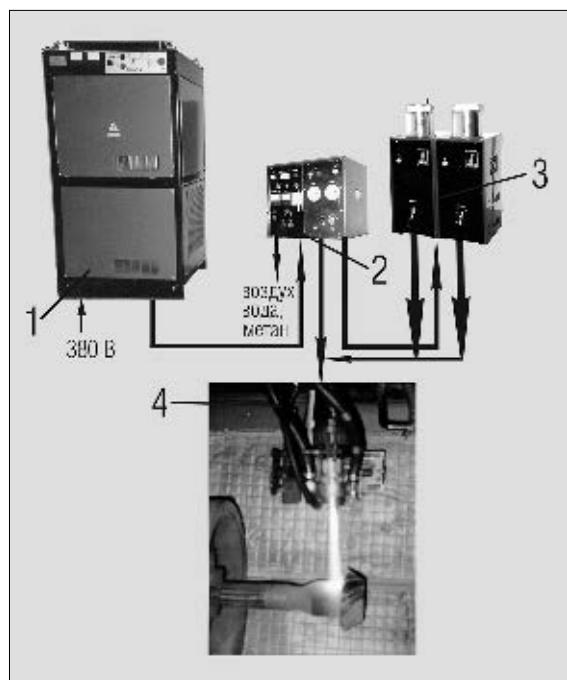
Установка ТОПАС-40 предназначена для напыления защитных покрытий из порошковых и проволочных материалов. В состав установки входят источник электропитания «Плазма-ТОПАС», пульт управления, два порошковых питателя-дозатора (механизм подачи проволоки), плазмотрон, комплект коммуникаций и ЗИП (рис. 1).

Основным элементом установки является плазмотрон. Он выполнен по трехэлектродной схеме с одиночной металлической межэлектродной вставкой (МЭВ), которая охлаждается плазмообразующим газом (рекуперативное охлаждение МЭВ). Прост в обслуживании, надежен и ремонтопригоден.

Такой плазмотрон обеспечивает:

- стабилизацию длины дуги на уровне выше самоустанавливающейся;
- расширение диапазона регулирования среднемассовой энталпии в плазменной струе;

**Рис. 1.**  
Установка  
ТОПАС-40:  
1 — источник  
электропитания;  
2 — пульт  
управления;  
3 — питатель-  
дозатор; 4 —  
сверхзвуковой  
плазмотрон



- снижение пульсаций (регулярных и нерегулярных) параметров дуги и, соответственно, плазменной струи;
- подавление крупномасштабной турбулентности в плазменной струе и соответственно повышенного рассеивания напыляемых частиц;
- воспроизведимость всех параметров плазменной струи (скорость и энталпия, их пульсационные и осредненные значения, профили поперек струи и распределения вдоль) в течение заданного гарантированного времени работы плазмотрона.

При оптимизации геометрии дугового канала плазмотрона учтены новые физические эффекты, связанные с перекачкой неравновесной избыточной колебательной энергией молекулярных газов плазмы продуктов сгорания в ультразвук и его интенсивным поглощением ниже по потоку. Это достигается за счет создания двух зон (прикатодной и прианодной) с сильной колебательной неравновесностью в тепловом слое дуги. Благодаря такой трансформации энергии плазмы интенсифицируются дробление крупномасштабной турбулентности и переход к диффузной привязке дуги на аноде. В конечном итоге это приводит к следующему: в плазмотроне с рекуперативным охлаждением МЭВ имеет место более жесткая пространственная стабилизация дуги и ее опорных пятен, КПД повышается и достигает 80–90%; длина начального участка плазменной струи увеличивается за счет снижения рассеивания мощности в полограничном слое при истечении в открытую атмосферу и неравновесных релаксационных процессов в скачках уплотнения; профили температур и скоростей в струе становятся более заполненными; плазмотрон с рекуперативным охлаждением МЭВ работает на до- и сверхзвуковом режимах истечения плазменной струи в диапазоне чисел Маха на срезе сопла 0,3–1,3 и среднемассовой температуре торможения  $(4\text{--}7)\cdot10^3$  К.

Установку могут комплектовать плазмотронами в различных исполнениях:

- ручном и машинном, для напыления наружных и внутренних поверхностей. Источник электропитания «Плазма-ТОПАС» обеспечивает:
- крутопадающую внешнюю характеристику по цепи вспомогательной дуги и плавное нарастание рабочего тока по основной цепи от минимального значения до предварительно заданного при пуске;
- стабилизацию заданного тока рабочей дуги с точностью не хуже 2,5% в процессе работы;
- возможность изменения тока рабочей дуги в процессе работы;
- контроль обрыва тока рабочей дуги. При снижении тока ниже минимально допустимого значения выпрямитель отключается, пусковые цепи приводятся в исходное состояние;
- местное (с лицевой панели выпрямителя) и дистанционное (от пульта управления установкой) включение и отключение выпрямителя, а также регулирование его выходного тока;
- возможность контроля и управления по заданной программе значений тока нагрузки и выходного напряжения;
- включение и отключение цепи вспомогательной (дежурной) дуги.

В выпрямителях исключены недопустимые по технологии броски тока в цепях основной и вспомогательной дуги.

Выпрямители имеют защиту, обеспечивающую их выключение в следующих аварийных ситуациях:

- внешнее короткое замыкание или перегрузка по выходному току (уставка срабатывания 700–800 А);
- внутреннее короткое замыкание (пробой тиристора в силовом блоке);
- превышение допустимой температуры нагрева силовых тиристоров;
- задержка появления тока основной дуги на 2–3 с после подачи команды на включение.

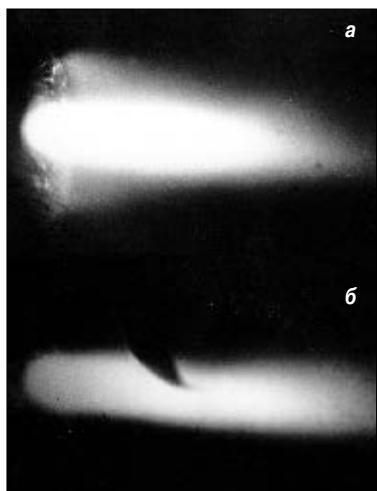
Показатели надежности выпрямителя: наработка на отказ — не менее 4000 ч; установленный срок службы — 12 лет.

Пульт управления предназначен для управления установкой и контроля

## Установка плазменного напыления ТОПАС-40

рабочих параметров. Его могут комплектовать блоком с программируемым контроллером (ПК), который обеспечивает:

- оперативное программирование режимов и параметров, отображение текущего состояния контролируемых параметров технологического процесса, протоколирование и сохранение в энергонезависимой памяти параметров технологического процесса плазменного напыления защитных покрытий; вывод на ПК накопленной информации;
- обработку аналоговых сигналов с пиrometera «ТОПАС-Смотрич», источника электропитания плазмотронов «Плазма-ТОПАС», датчиков давления и входных дискретных сигналов с исполнительных механизмов, а также формирование выходных команд управления по заданной программе.



**Рис. 2.**  
Автоматический переход анодной привязки дуги с сопла плазмотрона (а) на распыляемую проволоку (б) в плазме продуктов сгорания

**Таблица. Показатели процесса плазменного распыления проволоки Св-08Г2С диаметром 1,6 мм**

Сила тока дуги, А	ПГ-воздух		ПГ-смесь воздуха с метаном	
	Напряжение на дуге*, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки, м/мин
60	150/140	2,0	200/175	2,9
100	140/139	2,5	200/170	4,3
150	135/134	3,5	200/165	6,0

Примечание. В числителе напряжение на дуге без подачи, в знаменателе — с подачей проволоки.

На лицевой панели блока цифровой индикации размещены клавиатура и двухрядное индикаторное табло для вывода текущего значения параметров, отсчета времени и оперативной информации состояния.

Установку комплектуют двумя порошковыми питателями—дозаторами тарельчатого типа, адаптированными для работы с плохо сыпучими порошками.

Возможно напыление разнородных материалов по заданной программе.

### Техническая характеристика:

Плазмообразующий газ. . . . . Воздух+метан

Напряжение сети, В . . . . . 3×380

Напряжение холостого хода источника электропитания, В . . . . . 300

Рабочее напряжение на дуге плазмотрона, В . . . . . 150–250

Сила тока дуги, А . . . . . 100–200

Расход смеси, м<sup>3</sup>/ч . . . . . 2–10

КПД плазмотрона, % . . . . . 80–90

Производительность напыления, кг/ч:

металла . . . . . 10

оксида ( $Al_2O_3$ ) . . . . . 5

Среднемассовая температура

плазменной струи, К . . . . . 5000–7000

Скорость плазмы, м/с . . . . . 500–3000

Скорость напыляемых

частиц, м/с. . . . . 100–600

При необходимости аппаратуру могут комплектовать блоком автономного

охлаждения с замкнутым циклом подачи воды.

Распыление проволоки на установке ТОПАС-40 имеет свои особенности. При подаче проволоки, которая находится под потенциалом анода, в плазменную струю продуктов сгорания опорное пятно дуги уходит с поверхности канала сопла на проволоку. Прекращение подачи проволоки приводит дугу в исходное состояние, т. е. в первом случае дуга горит в канале и полностью замыкается на электроды плазмотрона (рис. 2, а), во втором — между катодом и проволокой, а анод разгружается, ток в нем практически отсутствует (рис. 2, б). Напряжение на дуге при подаче проволоки уменьшается на величину прианодного падения. Скорость плавления проволоки в режиме совместного нагрева дугой и струей в сравнении со скоростью плавления только в плазменной струе при равных токах дуги и расходах плазмообразующего газа значительно выше (таблица).

Описанный режим работы плазмотрона при подаче проволоки под срез сопла реализуется благодаря особым свойствам плазмы продуктов сгорания.

Качество покрытий при плазменном распылении проволочных материалов не уступает порошковым.

■ #208

### ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

#### Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений.

К.: «Екотехнологія», 2002. — 112 с.

Брошюра содержит технические данные по местной термической обработке сварных соединений, применяемой в строительно-монтажных, полевых и

ремонтных условиях на трубопроводах и технологическом оборудовании в различных отраслях промышленности (газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей и др.).

Рассмотрены назначение, виды и режимы термообработки, способы нагрева и материалы, нагревательные устройства, оборудование, технология термообработки, контроль температуры и качества, организация работ, техника безопасности.

Брошюра предназначена для инженерно-технических работников и производственного персонала (операторов-термистов,

сварщиков, дефектоскопистов и др.). Брошюра может быть использована в качестве учебного пособия при подготовке операторов-термистов на передвижных термических установках для работы в строительно-монтажных и ремонтных организациях, в различных отраслях промышленности.

Брошюра издана при содействии Проекта УКР/98/006 «Обмен технологической информацией в Украине для поддержки экономических преобразований» Программы Развития Организации Объединенных Наций.

# Детонационно-газовые установки «АДМ» для напыления

**В. Х. Кадыров, канд. техн. наук, Институт проблем материаловедения НАН Украины (Киев),  
Е. П. Ладан, канд. техн. наук, Научно-инженерный центр «АДМ» (Новочеркасск, Россия)**

**Д**етонационно-газовое напыление — процесс нанесения покрытий на поверхность детали путем напыления порошкообразного материала продуктами сгорания, возникающими в результате направленного взрыва газовой смеси. Этот способ напыления, при котором химическая энергия газов периодически освобождается в форме детонационных волн, позволяет получать наивысшее качество покрытий по сравнению с альтернативными способами напыления (таблица).

**Таблица. Показатели свойств покрытий WC-12Co**

Способ нанесения покрытия	Адгезия, МПа	Пористость, %	Твердость, HV <sub>0,3</sub>
Высокоскоростной газопламенный	60–80	2–3	1100
Газопламенный	30–40	3–12	—
Плазменный	55–70	3–5	960
Детонационный	80–220	0,3–1,0	1390

**Техническая характеристика детонационно-газовых установок АДМ:**

	АДМ-2Д	АДМ-4Д
Материалы для напыления	С температурой плавления порошков для до 3000°C	Все виды напыления
Рабочие газы	Кислород, пропан, метан, воздух	Кислород, пропан, воздух
Технологические среды	Воздух, вода	Воздух, азот, вода
Скорострельность, выстрел/с	2–16	2–12
Расход газов, м <sup>3</sup> /ч, при скорострельности 4 выстрела/с:		
кислород	4,2	5,3
пропан	0,8	0,9
воздух	1,6	7,3
Производительность (объем наносимого покрытия), см <sup>3</sup> /ч, при скорострельности 4 выстрела/с	115	115
Потребляемая электрическая мощность, кВт	0,2	0,4
Габаритные размеры напыляющего устройства, мм	1780×350×830	1900×560×1080
Масса напыляющего устройства, кг	42	74

Получение различных покрытий на подложке является важнейшей частью современного производственного процесса и одним из важных направлений в конструировании материалов будущего с уникальными свойствами. Существует ряд различных технологий нанесения покрытий на подложку, включая обычную плазму, плазму низкого давления, дуговую электрометаллизацию, высокоскоростное газопламенное напыление (ВГПН), детонационное напыление и др. Среди этих процессов ВГПН и детонационно-газовое напыление позволяют наносить высококачественные покрытия с низкой остаточной пористостью и высокой адгезией с подложкой, которые способны эффективно противостоять сильному износу, воздействию коррозии и высокой температуры. Существует несколько ограничений самого процесса высокоскоростного газопламенного напыления, включая большой расход рабочих газов, большой тепловой поток на подложку и ограниченный срок службы сверхзвукового сопла. Эти недостатки относятся к самой природе этого процесса и не наблюдаются в процессе детонационно-газового напыления, для которого характерен другой механизм нагрева и ускорения напыляемых частиц.

Детонационно-газовое напыление является наиболее эффективным способом увеличения ресурса работы деталей машин и механизмов, работающих в условиях повышенных нагрузок, интенсивного изнашивания, воздействия высоких температур и агрессивных сред. Применение детонационно-газового способа напыления обеспечивает экономию материальных средств за счет увеличения срока службы узлов и механизмов, замены дорогостоящих конструкционных материалов более дешевыми.

Этот способ позволяет получать высококачественные, практически беспо-

ристые покрытия с высоким уровнем адгезии с материалом основы. С его помощью можно улучшить и даже полностью изменить поверхностные свойства деталей, получить заранее прогнозируемые свойства поверхности, с тем, чтобы наилучшим образом удовлетворить условиям эксплуатации деталей машин, приборов и механизмов.

Детонационно-газовый способ позволяет наносить покрытия из металлов, окислов тугоплавких соединений, из механических смесей плакированных и композиционных порошков. Применение различных порошков дает возможность получать износостойкие, коррозионностойкие, электроизоляционные, триботехнические, антифрикционные, жаростойкие, со специальными свойствами, электропроводящие покрытия, а также покрытия, работающие в условиях агрессивных сред. Во многих случаях покрытия могут обладать несколькими из перечисленных свойств.

Этот способ применяют при производстве и ремонте лопаток и других деталей авиационных двигателей (рис. 1), при восстановительном ремонте коленчатых и распределительных валов ДВС, торцевых уплотнений валов, роликов валков в металлообработке и металлургическом производстве (рис. 2), арматуры в химическом машиностроении, ножей и фрез для резки пластмасс, кожи, дерева, асбосцементных плит, медицинского инструмента, измерительного инструмента, подающих роликов в сварочном производстве, форм для литья под давлением, электродов различного назначения и т. д.

Детонационно-газовые установки для напыления впервые были разработаны и запатентованы в США фирмой Union Carbide Corp в 1955 г. и независимо в 1969 г. — в ИПМ АН УССР (Киев). До сих пор, поддерживая монополию на уникальную технологию, американцы не

## Детонационно-газовые установки «АДМ» для напыления

продают свое оборудование, а лишь оказывают услуги по нанесению защитных порошковых покрытий в сервисных центрах компаний в Америке, Европе и Азии.

Многие преимущества детонационно-газового напыления были очевидны для специалистов сразу же после появления первой информации о новой технологии. Никому не удалось достичь такого уровня свойств другими способами, хотя такие попытки предпринимали исследователи во многих странах мира. В

1970–1980-х гг. ряд организаций бывшего СССР приступили к разработке технологического оборудования для детонационно-газового способа нанесения порошковых покрытий. В их числе Институт проблем материаловедения, Институт электросварки им. Е. О. Патона, Институт гидродинамики СО Академии наук СССР, НИИАТ, ЦНИИ «Прометей», НИИТавтпром и др.

В конце 1970-х гг. появляются вначале опытные образцы детонационно-газовых установок («Союз», «Молния» и др.), а затем и первые промышленные ДГУ: «Днепр», «Катунь», «Обь», «Азов», «Корунд» и «Прометей».

Достаточно высокое качество покрытий, наносимых некоторыми из этих установок, способствовали быстрому внедрению их в производство на многих машиностроительных и всех авиамоторостроительных объединениях (Уфа, Омск, Куйбышев, Запорожье, Киев, Москва и др.).

Однако в связи с распадом СССР работы по совершенствованию и созданию новых конкурентоспособных на международном рынке образцов детонационно-газовых установок или прекратились, или их эффективность существенно снизилась.

В настоящее время только Научно-инженерный центр «АДМ» выпускает промышленные сертифицированные образцы (сертификат соответствия №РОСС RU.АЮ21.В00191) детонационно-газовых установок. Накопленный его коллективом пятнадцатилетний опыт работы в области нанесения порошковых покрытий, серьезный анализ имеющихся в этой области научно-технических наработок позволили создать промышленные образцы детонационно-газовых установок АДМ-2Д и АДМ-4Д (рис. 3).

Качество покрытий, наносимых установками АДМ, по основным техническим показателям не уступает качеству покрытий американской компании «Рхайг», а стоимость отечественных установок существенно ниже американских. Эти обстоятельства позволили Научно-инженерному центру «АДМ» успешно представлять свою научно-техническую продукцию не только внутри страны, но и на международном рынке.

Так, только за последние три года детонационно-газовые установки АДМ были поставлены по контрактам в США, Бельгию, Югославию, Иран и на Тайвань.

В настоящее время совместно с американской фирмой «Demeton Technologies» на базе ДГУ АДМ-2Д разработан, изготовлен и поставлен в США автоматизированный детонационно-газовый комплекс с полным контролем процесса и управлением им от компьютера, включая контроль параметров напыления и движения детонационно-газовой установки и манипулятора. Внедрение такого комплекса в производство позволило существенно улучшить экономические показатели процесса нанесения покрытий и условия труда оператора.

Управление детонационно-газовой установкой АДМ осуществляют со специального пульта, который входит в комплект поставки ДГУ. При поставке детонационно-газовой установки без манипулятора термонапыляющее устройство (пушка) обычно закрепляют на балке, связанной с суппортом токарного станка, который используют в качестве манипулятора. В этом случае заказчик самостоятельно разрабатывает и устанавливает в помещении оператора пульт управления этим станком. При поставке детонационно-газовой установки в комплексе с манипулятором в комплект поставки входит и пульт дистанционного управления манипулятором.

Детонационно-газовые установки оснащают бункером для порошка, обеспечивающим непрерывную работу без дозаправки в течение 1,5 ч. По желанию заказчика можно устанавливать бункер и большей вместимости. ДГУ обеспечивают качественное нанесение покрытий на основе карбидов вольфрама, титана, хрома.

Максимальные размеры и масса деталей вращения, закрепляемых в патроне токарного станка, используемого в качестве манипулятора, зависят от его характеристики. При использовании манипулятора, поставляемого в комплекте с детонационной установкой АДМ, максимальные размеры напыляемой детали: диаметр — 300 мм, длина — 1500 мм, масса — 200 кг.

Для напыления поверхностей деталей сложной формы, а также внутренних поверхностей отверстий ствол термонапыляющего устройства установок может поворачиваться на угол  $\pm 45^\circ$ . Однако необходимо, чтобы глубина отверстия не превышала его диаметра, а дистанция напыления не превышала 200 мм. ■ #209

**Рис. 1.**  
Деталь турбины вертолетного двигателя — покрытие ПНХАИ



**Рис. 2.**  
Подающий (транспортирующий) ролик — покрытие КХХ-35



**Рис. 3.** Установки АДМ-4Д

# Плазменные технологии нанесения покрытий

**П. А. Тополянский, НПФ «Плазмацентр» (С.-Петербург)**

**С**реди способов изготовления новых деталей с износостойкими и коррозионностойкими свойствами поверхности, а также восстановления размеров изношенных и бракованных деталей за счет нанесения покрытий, обладающих высокой плотностью и прочностью сцепления с изделием, работающих в условиях высоких динамических, знакопеременных нагрузок или подверженных абразивному изнашиванию, важное место занимают технологии наплавки.

К основным термическим способам наплавки относятся: электродуговая, электрошлаковая, плазменная, электронолучевая, лазерная, индукционная, газовая и печная. В последнее время наиболее активно внедряют технологию плазменной наплавки проволочными и порошковыми материалами. В связи с широкой универсальностью использования различной гаммы выпускаемых присадочных порошков процесс плазменной наплавки порошковыми материалами наиболее эффективен. НПФ «Плазмацентр» является разработчиком технологии и оборудования для новых процессов — плазменной наплавки-напыления и скоростной плазменной наплавки.



**Рис. 1.**  
Плазмотрон  
для плазменной  
наплавки-  
напыления



**Рис. 2.**  
Детали,  
наплавленные  
способом  
скоростной  
плазменной  
наплавки

**Плазменная наплавка-напыление.** В настоящее время среди способов порошковой плазменной наплавки наибольшее распространение в России имеет способ, при котором используют прямую дугу, горящую между электродом и изделием. В то же время за рубежом данный способ не получил серьезного развития, там наиболее активно используют так называемый РТА — процесс (plasma transferred arc). При этом способе действуют одновременно основная дуга (горящая между электродом и изделием) и пилотная или косвенная дуга (горящая внутри плазмотрона между электродом и плазмообразующим соплом). В связи с тем, что процесс нанесения покрытий только косвенной дугой в России называется плазменным напылением, новая технология получила название плазменная наплавка-напыление.

Таким образом, процесс плазменной наплавки-напыления — это способ нанесения порошковых покрытий толщиной 0,5–4,0 мм с гибким регулированием ввода теплоты в порошок и изделие плазмотроном с двумя дугами — основной и пилотной. Основные сравнительные характеристики процесса приведены в таблице.

Поскольку покрытия, наносимые способом плазменного напыления, ограничены толщиной порядка 1 мм, за пределами которой проявляется тенденция к растрескиванию (вследствие высоких внутренних напряжений), а покрытия, на-

носимые плазменной наплавкой традиционным способом с использованием только основной дуги, связаны с оплавлением основного металла и его перемешиванием с присадочным материалом (соответственно, с отсутствием необходимых свойств покрытия в первом наплавленном слое), то разработка гибридного процесса, совмещающего положительные характеристики процессов наплавки и напыления является актуальной задачей.

Качество нанесенных покрытий способом плазменного напыления зависит от большого числа входных параметров. При этом в настоящий момент не существует количественных неразрушающих методов контроля качества плазменных напыленных покрытий. Поэтому получение беспористых покрытий с максимальными адгезионными свойствами за счет использования второго источника теплоты — основной дуги, позволило бы значительно повысить качество и эксплуатационные характеристики покрытий.

Процесс плазменной наплавки-напыления (РТА-процесс) обеспечивает использование пилотной дуги для расплавления присадочного порошка и основной дуги для поддержания необходимой температуры частиц порошка на детали. Увеличение времени нахождения частиц порошка при высокой температуре способствует максимальному сцеплению и уплотнению частиц с минимальным перегревом поверхности детали. Оптимизация

**Таблица. Свойства покрытий, нанесенных различными способами**

Показатель	Плазменное напыление	Плазменная наплавка	Плазменная наплавка-напыление (РТА-процесс)
Толщина покрытия, мм	$\leq 1,0$	Слоями $\leq 4,0$	0,5–4,0
Пористость покрытия, %	$\leq 10$	Отсутствует	Отсутствует
Прочность сцепления покрытия, МПа	$\leq 100$	Полное сплавление	Полное сплавление
Растворение покрытия в основном металле, %	Отсутствует	$\leq 5$	$\leq 5$
Температура детали в процессе нанесения покрытия, °С	$\leq 150$	$\leq 700$	$\leq 700$
Положение поверхности при нанесении покрытия	Во всех положениях	В нижнем положении	Во всех положениях

## Плазменные технологии нанесения покрытий

основных характеристик процесса (токов основной и пилотной дуги, расстояния до изделия, скорости подачи порошка и скорости перемещения плазмотрона) выявило минимальную чувствительность к скорости подачи порошка и в определенных пределах к скорости перемещения плазмотрона. Ручной плазмотрон для реализации процесса плазменной наплавки напыления показан на *рис. 1*.

При анализе микроструктуры самофлюсующихся покрытий, нанесенных способом плазменной наплавки–напыления, было отмечено получение литой структуры (в отличие от слоистой структуры, типичной для процессов плазменного напыления), а также отсутствие пористости (около 0,3%). Микротвердость покрытия составила 800 HV. Зона термического влияния зафиксирована порядка 0,5 мм, в то время как при плазменной наплавке она составляет 3–4 мм.

Процесс плазменной наплавки–напыления наиболее часто используют для наплавки автомобильных и судовых клапанов, различных экструдеров и шнеков, посадочных мест деталей арматуры, при нанесении абразивостойких покрытий на основе карбидов вольфрама и др.

*Скоростная плазменная наплавка (СПН)* — это механизированная плазменно–порошковая наплавка тел вращения, при которой специальное расположение плазмотрона и порошкового дозатора относительно наплавляемой детали обеспечивает эффективное высокоскоростное нанесение покрытий с качеством, равнозначным качеству, получаемому при использовании технологий газотермического напыления с последующим оплавлением. Подача порошкового материала осуществляется за счет собственной силы тяжести и текучести, а его передача непосредственно в зону пятна нагрева плазменной дуги в жидким состоянии многократно повышает скорость наплавки и обеспечивает ее регулирование в широких пределах (от 3 до 18 м/мин и выше). При этом осуществляется высокоскоростной процесс вращения наплавляемой детали без оплавления поверхности основного металла. Порошок из бункера доза-

тора самотеком подается в корпус, имеющий запорную иглу, и через калиброванное отверстие дозирующей вставки струйным потоком поступает в высокотемпературную область столба плазменной дуги и переносится на наплавляемую поверхность детали. Аналогом процесса может служить процесс газотермического напыления самофлюсующихся порошков с последующим их оплавлением. Но при СПН интегральная температура восстанавливаемых деталей значительно меньше, чем при оплавлении газотермических покрытий, и не превышает 200–300 °C. Это способствует получению минимальных деформаций в изделии.

Технологический процесс СПН предусматривает очистку наплавляемых поверхностей от различных загрязнений (масла, пыли, ржавчины), устранение дефектов (трещин, задиров, заусенцев, овальности, предыдущего упрочняющего слоя), а также, при необходимости, дефектацию поверхности. В качестве присадочного материала используются износостойкие и теплостойкие порошки на основе железа, никеля, кобальта размером 40–100 мкм. Плазмообразующим и защитным газом служит аргон с общим расходом 7–9 л/мин. Наплавку производят на токе прямой полярности в непрерывном или импульсном режиме. Оптимальная толщина наносимых покрытий 0,3–2,0 мм, производительность наплавки 130–200 см<sup>2</sup>/мин.

Оборудование для СПН состоит из сварочного источника питания, плазмотрона, порошкового дозатора, а также манипулятора для перемещения детали и плазмотрона. В качестве источника питания используют установки УПВ–301 или сварочные источники с падающей характеристикой, дополненные специальным блоком аппаратуры, а также установки для плазменной обработки УПС–301, УПНС–304, УПО–302, УПН–303 после их модернизации. Для вращения восстанавливаемых деталей рекомендуют применять токарные станки невысокой точности.

Качество процесса СПН определяют по отсутствию в наплавленном слое дефектов визуально или другими способами.

Основные требования безопасности при СПН: наличие вытяжной вентиляции и защита органов зрения от излучения.

По сравнению с плазменно–дуговым наплавкой традиционным способом СПН имеет преимущества:

- высокую производительность нанесения покрытий (скорость наплавки традиционным плазменно–дуговым способом не превышает 70 м/ч);
- повышенную длительность и стабильность непрерывной работы в связи с подачей порошка вне зоны плазмотрона;
- минимальное термическое воздействие на основной металл;
- отсутствие перемешивания основного и наплавленного металла;
- высокий коэффициент использования присадочного материала;
- высокую стабильность процесса;
- высокую равномерность наплавленного слоя;
- минимальные деформации наплавленной детали и малые припуски на механическую обработку;
- простоту эксплуатации наплавочного оборудования;
- высокий уровень механизации технологического процесса.

СПН наиболее эффективно используют при изготовлении и восстановлении деталей сельскохозяйственных и дорожных машин, автомобильной и тракторной техники, механизмов бумагоделательных производств, деталей нефтяного и газового оборудования, электродвигателей и насосных станций, штамповочного и металлообрабатывающего оборудования и др.

Примерами восстанавливаемых деталей способом СПН являются (*рис. 2*): кулачковые валы газораспределительных механизмов и топливных насосов; коленчатые валы компрессоров; валы и оси трансмиссий; золотники, штоки, плунжеры гидросистем; отверстия шатунов двигателей внутреннего сгорания, посадочные отверстия в блоках цилиндров; валы–шестерни масляных насосов, втулки нагруженных насосов; поворотные кулачки, вилки полуоси, цапфы; клапаны с износом фаски и стержня; крестовины кардана; шнеки смесителей и транспортеров сыпучих материалов; протяжки, ножи, диски, штампы; детали нефтеперекачивающего оборудования и т. п.

Экономическую эффективность СПН определяют исходя из программы производства и вида продукции, при этом учитывают повышение долговечности деталей и узлов при снижении расхода порошковых материалов и затрат на обработку наплавленного металла, а также экономию газа.

■ #210



# ПО «Коммунар» г. Харьков

Энергосберегающие выпрямители сварочного тока инверторного типа повышенной безопасности, не требующие блоков понижения напряжения.

Параметры	ВДУЧ-160М	ВДУЧ-200	ВДУЧ-315М
Напряжение сети 50 Гц, В	1×220	3×380	3×380
Диапазон сварочного тока, А	30–160	30–200	40–315
Сварочный ток при ПН 40%, А	—	200	—
Сварочный ток при ПН 60%, А	160	160	315
Режим работы	TIG/MAG/MMA	TIG/MMA/MAG	MMA/MAG
Масса, кг	32	32	45

Телефон:

(0572) 44-71-42

(0572) 44-73-57

Факс:

(0572) 44-00-05

E-mail:

otd39@tvset.com.ua



ВДУЧ-160М



ВДУЧ-200



ВДУЧ-315М



® Киев, 03150, ул. Боженко, 11  
тел./факс 220 1619  
тел. 261 5165

**ПРОИЗВОДИМ  
ЭЛЕКТРОДЫ  
специального назначения**

для  
высоколегированных  
сталей

- ОЗЛ-8      ● НИИ-48Г
- ЦЛ-11      ● ЭА-395/9
- ЦТ-15      ● ОЗЛ-25Б
- ОЗЛ-6      ● АНЖР-1
- НЖ-13      ● АНЖР-2
- ЭА-400/10У ● ОЗЛ-17У

для наплавки

- Т-590      ● Т-620
- ЦНИИН-4    ● НР-70
- ЦН-6Л      ● ЦН-12М
- ОЗН-6      ● ЦН-2

для теплоустойчивых  
сталей

- ТМУ-21У    ● ЦУ-5
- ТМЛ-1У    ● ТМЛ-3У
- ЦЛ-39      ● ЦЛ-20

**ВСЯ ПРОДУКЦИЯ  
СЕРТИФИЦИРОВАНА**

**КОНЦЕНТРАТ  
ПЛАВИКОВОГО  
ШПАТА**

**ФФС-95**

для производства  
сварочных материалов  
(ГОСТ 4421-73)

Поставки контейнерами 3 и 5 т  
и вагонами. Упаковка:  
однотонные контейнеры МКР.

ООО Компания «Мария-Трэйд»  
г. Екатеринбург (3432) 658-657, 658-658  
E-mail: framat@sc.usmga.ru

**Сварочные трансформаторы  
 Сварочные выпрямители**

**Полуавтоматы для дуговой сварки**

**Автоматы для дуговой сварки и наплавки**

**Машины для контактнойстыковой сварки рельсов**

**Машины для контактнойстыковой сварки трубопроводов**

**МАШИНЫ  
 ДЛЯ КОНТАКТНОЙ  
 ТОЧЕЧНОЙ  
 И ШОВНОЙ СВАРКИ**

### **ПОДВЕСНЫЕ КЛЕЩИ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ**

Подвесные клещи для сварки листов малоуглеродистой стали, крестообразных соединений деталей круглого сечения, крестообразных соединений стержней арматуры, периодического и гладкого профиля.

Машины (кроме МТП 1210) снабжены системой управления сварочным процессом, построенной на программируемом регуляторе сварки и обеспечивающей автоматическую стабилизацию заданных параметров с дискретным отсчетом времени.

Система управления машины МТП 1210 обеспечивает автоматическую синхронизацию моментов оптимального сжатия и включения сварочного тока.



Техническая характеристика	МТП 2401	МТП 1210	МТП 1401	КТ 008
Номинальный длительный вторичный ток, кА	4,5	2,2	2,8	6
Наибольший вторичный ток, кА	24	12,5	14	14
Потребляемая мощность, кВ·А (при ПВ=50% для КТ 008)	46	—	18	119
Масса комплекта, кг	500	230	265	410

Стационарное оборудование для точечной сварки изделий из низкоуглеродистых и листовых сталей широкого диапазона толщин и диаметров, алюминиевых и титановых сплавов, латуни, а также сварки крестообразных соединений стержней арматуры.

КШ 001 — машина контактной шовной сварки поперечным прочноплотным швом изделий из низкоуглеродистых сталей с гальваническим покрытием и без покрытия, легированных сталей, а также для приварки днищ к обечайкам из стали с покрытием.

Машины (кроме КТ 002) снабжены системой управления сварочным процессом, построенной на программируемом контроллере, обеспечивающей автоматическую стабилизацию заданных параметров с индикацией фактических значений.



Техническая характеристика	КТ 002	МТ 2202	КТ 004	КТ 007	КТ 009	КШ 001
Номинальный длительный вторичный ток, кА	3,6	9	9	10	9	22
Наибольший вторичный ток, кА	12,5	22	28	40	21	32
Диаметр стержней арматуры (крестообразных соединений), мм:						
класса В1, А1	3,0+3,0-12+12	4,0+4,0-16+16	4,0+4,0-16+16	4,0+4,0-25+25	4,0+4,0-22+22	—
класса А2, А3	—	6,0+6,0-10+10	6,0+6,0-12+12	6,0+6,0-20+20	6,0+6,0-16+16	—
Диапазон свариваемых толщин, мм:						
алюминиевые сплавы	—	—	—	0,5+0,5-1,7+1,	—	—
низкоуглеродистые стали	0,5+0,5-3,5+3,5	0,5+0,5-5,0+5,0	0,5+0,5-5,0+5,0	0,5+0,5-8,0+8,0	0,5+0,5-6,0+6,0	0,5+0,5-3,0+3,0
нержавеющие стали	—	0,5+0,5-1,0+1,0	0,5+0,5-1,5+1,5	0,5+0,5-5,0+5,0	0,5+0,5-4,0+4,0	0,3+0,3-2,5+2,5
и титановые сплавы	—	0,5+0,5-0,8+0,8	0,5+0,5-0,8+0,8	—	0,5+0,5-0,8+0,8	—
Масса, кг	250	430	488	870	1700	1750
Габаритные размеры, мм	1070×370×1320	1230×470×1900	1280×630×1880	1380×680×2300	2230×730×2334	2500×1000×2100

**ЭКСПОСВАРКА  
22-25 ОКТЯБРЯ**

**2002**

**МОСКВА  
ЭКСПОЦЕНТР  
"КРАСНАЯ ПРЕСНЯ"**

Московское региональное отделение  
Российского научно-технического Сварочного Общества (РНТСО)  
Международный Институт Сварки (МИС)  
Европейская Федерация Сварки (ЕФС)

**в честь 10-летия РНТСО  
22-25 октября 2002 года**

представляют  
Международную специализированную выставку

## **ЭКСПОСВАРКА 2002**

и  
Международную научно-практическую

## **КОНФЕРЕНЦИЮ**

(персонал, оборудование, технология)

**Организаторы:**

Министерство экономического развития  
и торговли РФ

**РНТСО**

тел. +7 095 173 98 21  
173 50 30  
факс +7 095 173 07 87

**Союз НИО**

Московская межотраслевая  
ассоциация сварщиков  
тел. +7 095 177 00 29

**MSI**

тел. +43-1 40289 54-20  
факс +43-1 40289 5454



*Генеральный спонсор мероприятий*  
**СпецЭлектрод**



# **ESAB – мировая сварка!**

**ESAB** - **мировой лидер** по производству оборудования для всех видов сварки и резки металлов, крупнейший производитель сварочных материалов и технологий.

Концерн **ESAB** поддерживает легендарное шведское качество оборудования и материалов.

**ESAB** – незаменимый поставщик и партнер предприятий всех отраслей промышленности, имеющий 40-летний опыт работы в России.



## **ESAB производит и поставляет:**

- сварочные электроды, проволоки и флюсы;
- аппараты для ручной, полуавтоматической и автоматической сварки;
- установки для орбитальной сварки неповоротных стыков труб;
- установки для автоматического раскрова листа методами газовой, плазменной и лазерной резки;
- линии для производства электродов;
- средства защиты сварщика и окружающей среды.

**В Санкт-Петербурге** производственная компания ЗАО "ЕСАБ-СВЭЛ" выпускает электроды российских и шведских марок на оборудовании, из материалов, по технологиям и стандартам качества ЭСАБ.

### **ООО "ЭСАБ"**

119048, Москва, ул. Усачева, 33/2, стр. 6  
тел. +7 095 937 95 81, факс +7 095 937 95 80 E-mail: esab@esab.ru

### **Филиал ООО "ЭСАБ"**

197101, Санкт-Петербург, ул. Дивенская, 3  
тел. +7 812 325 66 88 факс +7 812 325 37 66 E-mail: spb.sales@esab.se

### **Представительство ООО "ЭСАБ"**

620014, г. Екатеринбург, ул. Антона Валека, 15, оф. 511  
тел./факс +7 3432 65 83 82 E-mail: esab@bcforum.ru  
www.esab.com www.esab.ru

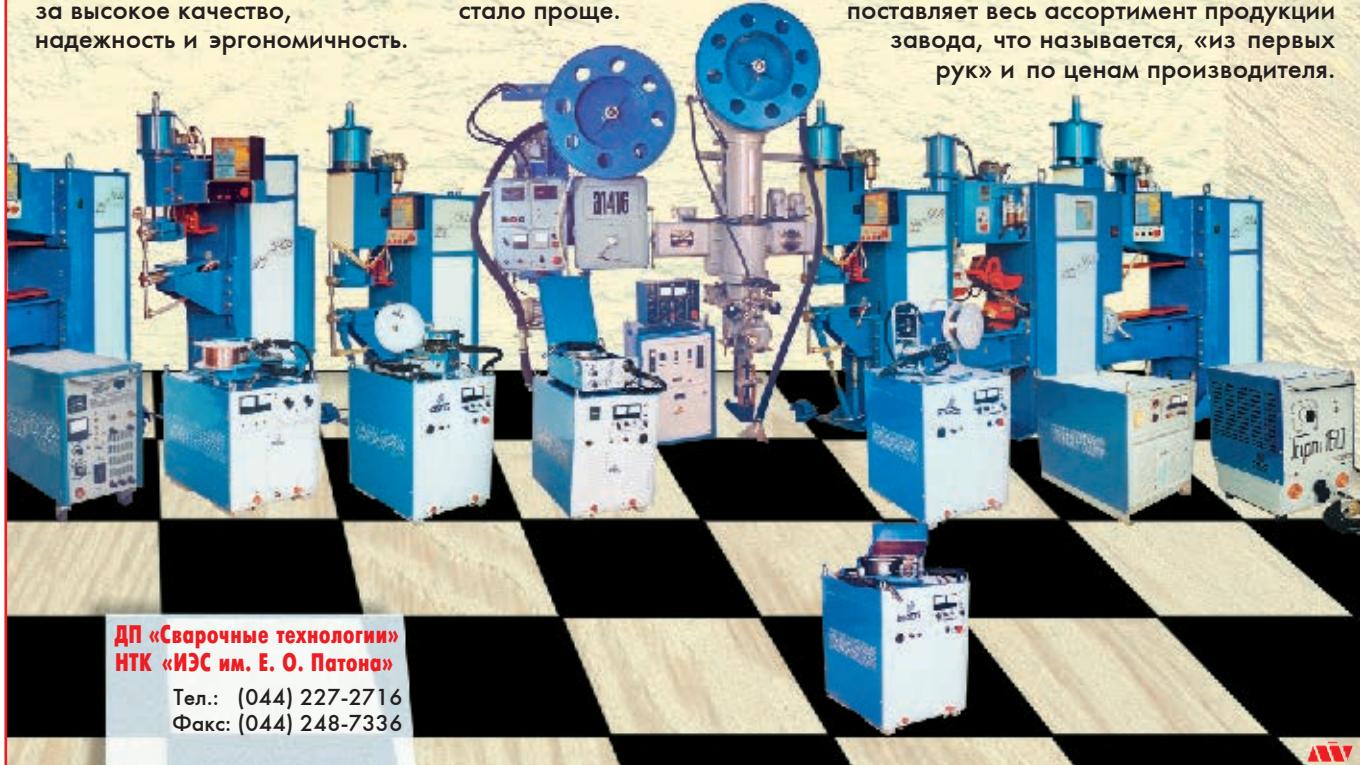


# Воспользуйтесь явным преимуществом...

Продукцию ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования» ценят за высокое качество, надежность и эргономичность.

Приобретать продукцию ведущего украинского предприятия теперь стало проще.

ДП «Сварочные технологии» НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» — официальный дилер ОАО «КЗЭСО» — поставляет весь ассортимент продукции завода, что называется, «из первых рук» и по ценам производителя.



ДП «Сварочные технологии»  
НТК «ИЭС им. Е. О. Патона»

Тел.: (044) 227-2716  
Факс: (044) 248-7336

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЯЗАНСКИЙ ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД предлагает

Портативные сварочные аппараты  
инверторного типа

# ФОРСАЖ

на токи  
до 160А, 250А, 315А



- высокое качество шва
- легкий поджиг и эластичная дуга
- малое разбрзгивание металла
- небольшой вес и габариты при великолепных энергетических показателях

ПРОДУКЦИЯ МАЕТ СЕРТИФИКАТЫ

Россия, 390000, Рязань ул. Каляева, 32  
тел.: (0912) 79-53-39, 79-54-53  
факс: (0912) 24-01-81, 21-61-47  
E-mail: postmaster@pribor.rgazan.ru  
<http://www.grpz.ru>



**В ПЕРЕЧНЕ ОФІЦІЙНИХ МЕРОПРИЯТІЙ  
МІЖНАРОДНОГО ІНСТИТУТИТУ СВАРКИ (МІСІ)  
І ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ СВАРКИ (ЕФСІ)**

**22-25 ОКТЯБРЯ 2002 г.**

Москва, Россия  
ЭКСПОЦЕНТР на Красной Пресне

**ТРЕТЬЯ МІЖДУНАРОДНАЯ  
СПЕЦІАЛІЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА**

**Сварка**

**Міжнародна конференція  
«Сварка – якість –  
конкурентоспроможність»**

**SODX-E**

**ЭКСПО**

THIRD INTERNATIONAL  
SPECIALIZED EXHIBITION  
ON WELDING EQUIPMENT  
AND RELATED PROCESSES

International conference  
“WELDING – QUALITY –  
COMPETITIVENESS”

IN THE LIST OF EVENTS  
OF THE INTERNATIONAL INSTITUTE  
OF WELDING (IIW)  
& EUROPEAN FEDERATION FOR WELDING,  
JOINING AND CUTTING (EFWC)

**ОКТОБРЬ 22-25, 2002**

Moscow, Russia  
EXPOCENTER, «Krasnaya Presnya»

Ministry of Economic Development and Trade  
of the Russian Federation, M.S.I.  
Russian Welding Society, M.S.I.  
[WWW.MSI-VYSTAVKI.RU](http://www.msi-vystavki.ru)

Organizers:  
Организаторы:  
Ministry of Economic Development and Trade  
of the Russian Federation, M.S.I.  
Russian Welding Society, M.S.I.  
[WWW.MSI-VYSTAVKI.RU](http://www.msi-vystavki.ru)

International support:  
Стройгазмонтаж  
Он & Газ  
Газпром

International support:  
Стройгазмонтаж  
Он & Газ  
Газпром

International support:  
Стройгазмонтаж  
Он & Газ  
Газпром

**МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ФОРУМ  
ВИРОБНИЦТВО і ЗАХИСТ - 2002**

**МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ**

**УКРВТОР ТЕХ**  
КОМІСІЙНА  
ТЕХНІКА,  
УСТАТУВАННЯ

**УКРІНТЕР ТЕХ**  
ПРОМІСЛОВІ  
ТЕХНОЛОГІЇ  
УСТАТУВАННЯ

**ПОЖ ТЕХ**  
СИСТЕМИ, ЗАСОБИ  
ПОЖЕЖНОЇ  
БЕЗПЕКИ

**ЕКСТРЕМ ТЕХ**  
ЗАСОБИ  
ЗАХИСТУ  
ПРИ ВИНИКНЕННІ  
НАДВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

**Організатори форуму:**

- Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи
- Науково-практична конференція "Можливості українського верстата будування в умовах реструктуризації підприємств (МПП України)
- Науково-технічна конференція рятувальників (МНС України)
- Науково-практична конференція "Можливості українського транспорту України
- ЗАТ "Міжнародний виставковий центр"

**МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**, с.т. м. "Лівобережна".  
Київ, Броварський проспект, 111

**Організатор**  
ЗАТ "Міжнародний виставковий центр"  
Україна, 01023, Київ, Спортивна площа, 1,  
Київський Палац Спорту,  
офіс 314, тел./факс: (044) 246-73-58; 246-73-88  
**23-26 ЖОВТНЯ 2002**

**International Exhibition  
Centre**  
e-mail: [iec@iec-expo.com.ua](mailto:iec@iec-expo.com.ua)

# НАШ МИР ВРАЩАЕТСЯ ВОКРУГ СВАРКИ

- MIG / MAG-сварочные горелки
- WIG / TIG-сварочные горелки
- плазмотроны AVIPLAS CUT
- установки плазменной резки
- строгачи для строжки угольным электродом
- электрододержатели для сварки покрытым электродом
- блоки принудительного охлаждения
- робототехника



ГНІИ Бинцель Україна ГмбХ

ул. Полтавська, 24 (оф. 414), 03056 г. Київ

Тел.: +38 044 / 455 6675, 446 7206

E-mail: didus@binzel.kiev.ua

Совершенство в сварке и резке.

[www.binzel-abicor.com](http://www.binzel-abicor.com)

# СОВЕРШИТЕ ОТКРЫТИЕ!

ДСТУ ISO 9001  
2001 г.  
DIN EN ISO 9001  
2000 г.

АРКСЭЛ ООО «АРКСЭЛ»

83017, г. Донецк, пер. Вятский, 2а  
тел. (062) 382 9444; тел./факс (062) 382 9438  
E-mail: arcsel@gmail.com.ua [www.arcsel.donetsk.ua](http://www.arcsel.donetsk.ua)



КИЇВСЬКИЙ  
ЗАВОД  
ВУГЛЕКИСЛОТИ

Високоякісна  
вуглекислота  
інші промислові гази,  
додаткове обладнання, сервіс

04209, м. Київ Вул. Лебединська, 3-б  
Тел/факс: зб: (044) 4134349; пр: 4121240  
Email: kzv@co2.kiev.ua; kzv@carrier.kiev.ua



Украинский производитель  
технологического оборудования  
для производства  
сварочных электродов  
(ТУУ 21480211.001-97; ТУУ 21480211.002-01)

Предлагает  
Цеха под ключ  
производительностью  
1т/см    2т/см    4т/см

Обучение

Технологическое сопровождение

Сервисное обслуживание

Сырье



Нас знают  
СНГ, Иран, Судан...  
Далее - везде!

01013 Украина г.Киев  
ул.Деревообрабатывающая, 4  
тел./факс (044) 295-91-91  
(044) 294-71-69  
E-mail: vant2001@mail.ru  
Http: //www.vant2001.chat.ru

**Industria On-Line**  
Ukrainian Portal of Commerce and Industry  
**Ukrainian companies**  
**WELCOME TO COOPERATION**

**Украинские предприятия  
ПРИГЛАШАЮТ К СОТРУДНИЧЕСТВУ**

- Light Industry • Легкая промышленность
- Woodworking Industry • Деревообработка
- Food Industry • Пищевая промышленность
- Medical Industry • Медицина
- Chemical Industry • Химическая промышленность
- Machinery-building Industry • Машиностроение
- Electrical Manufacturing Industry • Электротехника
- Electric Power Industry • Электроэнергетика
- Industry of Consumer Goods • Потребительские товары
- Farming Industry and other Industries • Сельское хозяйство и другие отрасли



**WWW.INDUSTRIA.COM.UA**



**Флюсы сварочные**

ТУ У 05416923.049-99  
АН-348А, АМ  
АН-47, АН-47Д  
ОСЦ-45  
ОСЦ-45М  
(Размер зерна 0,25-1,60)  
АНЦ-1А

ГОСТ 9087-81  
АН-348А, АМ, АП  
АН-47



**Модуль**

**Силикат натрия растворимый ГОСТ 13079-81**  
2,6±2,8  
2,8±3,0  
3,0±3,5

**Силикат натрия растворимый**  
1,8±2,2

# ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС

Украинское предприятие ОАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий» (ОАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС») является на протяжении многих лет одним из крупнейших в Европе, крупнейшим в СНГ производителем флюсов сварочных плавленых и силикатов натрия растворимого. Сегодня мы предлагаем более 20 марок сварочных флюсов и силикат натрия с модулем от 1,8 до 3,5.

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

Предлагаем следующие марки:

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

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.

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

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

**СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ**, силикатный модуль от 1,8 до 3,5.

Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.

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

**ОАО «Запорожстеклофлюс»**

Украина, 69035, г. Запорожье,  
ГСП-356, Отдел внешнеэкономических связей и маркетинга

Тел.: +380 (612) 348-573, 348-372,  
334-167

Факс: +380 (612) 348-573, 348-372,  
334-167

E-mail: market@steklo-flus.com,  
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 «Укртрайд», Запорожье**

Получение продукции производится на складе ОАО «Запорожстеклофлюс»

Тел.: (0612) 346-218  
Факс: (0612) 346-366  
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) 796-9057 – Шаровский Олег Игоревич, Охенский Владимир Викторович  
Тел. (095) 330-0901 – Кащавцев Владимир Викторович, Кащавцев Юрий Викторович



## Вниманию специалистов промышленных предприятий и торговых организаций!

Прекрасные новости из Беларуси — высококачественные рукава резиновые для газовой сварки и резки металлов (ГОСТ 9356-75) из Бобруйска уже в Украине!

6,3×13,0-0,63

9,0×18,0-0,63

12,0×22,0-0,63



1 класс  
(ацетилен)

6,3×13,0-0,63

9,0×18,0-0,63

12,0×22,0-0,63



2 класс (МБС)

6,3×13,0-2,0

9,0×18,0-2,0

12,0×22,0-2,0



3 класс  
(кислород)

*Может ли не быть качества там, где его просто не быть не может?*

Убедиться в этом быстрее помогут наши цены:

Ø 6,3 — 1,95 грн.   Ø 9,0 — 2,22 грн.   Ø 12,0 — 3,06 грн.

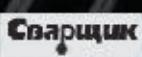


Представитель ОАО «Беларусьрезинотехника» в Украине — предприятие «Экотехнология».  
Тел.: (044) 261-5895, тел./факс: (044) 220-1589, 248-7336. E-mail: [eteco@sovamua.com](mailto:eteco@sovamua.com), <http://www.et.ua>



11-13  
сентября  
2002

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



ВЫСТАВКА ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ, СТАНКО- И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
**СТАНКОМАШЭКСПО**  
ОДЕССА ВЫСТАВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС МОРСКОГО ВОКЗАЛА

Станкостроение  
Машиностроение  
Приборостроение



Организатор:

Центр Выставочных Технологий  
Украина, 65014, г. Одесса, пер. Сабанский, 1/10,  
Тел. (0482) 37-27-91, 37-28-69, факс 210591  
E-mail: [sias@expo-odessa.com](mailto:sias@expo-odessa.com), <http://www.expo-odessa.com>



WWW.SELMA.CRMUA.UA



# Искусство Сварки



**SELMA**

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

# AGA

В составе группы Linde Gas  
**ОАО «АГА Украина»**

крупнейший производитель и надежный поставщик промышленных газов в Украине

**предлагает:**

- Ацетилен
  - Сварочные и газовые смеси
  - Поверочные газовые смеси
  - Кислород жидкий и газообразный
  - Азот жидкий и газообразный
  - Аргон жидкий и газообразный
  - Углекислоту
- (удобно, экономично, безопасно, качественно)

**а также:**

Максимально удобное в обслуживании и экономичное в эксплуатации сварочное оборудование лидера в области сварочной техники фирмы ФРОНИУС ФАКЕЛ



Звоните: (0562) 35-12-28

Факс: (0562) 34-56-33

E-mail: aga@aga.dp.ua

Адрес: 49074 Днепропетровск, ул. Кислородная, 1

24-27 сентября  
2002 г.

XII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

## "УРАЛСТРОЙ - 2002"



Центр "РИС" г. Екатеринбург

Республика Свердловская

Министерство строительства архитектуры и земельного имущества

Республики Башкортостан

Союз строителей Республики Башкортостан

Союз строителей Удмуртии

Башкирское областное объединение строителей

Башкирское областное объединение строителей

Информационный центр

Строительные выставки

Международные выставки

Строительная пресса

### ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- широкий спектр строительных и инженерных разработок, предложений, новинок и технологий
- строительные системы и инженерные материалы
- строительные конструкции, машины, оборудование, инструмент
- строительная и дорожная техника
- инженерно-техническое оборудование: современные системы кондиционирования, отопления, вентиляции, штукатурки, гидроизоляции и утеплителя, водопроводные, канализационные, сточных, газовых и водогазобаллонных установок, водонагреватели, котлы, генераторы, компрессоры, насосы
- сантехническое оборудование
- электротехническое и осветительное оборудование
- сплошные и сетчатые изоляционные прокладки
- противогазовое обмундирование
- недвижимость
- деревообработка.

АДРЕС ОРГКОМИТЕТА  
ООО Центр "РИС"  
490000, Россия, Башкортостан,  
г. Уфа, Гагарина-пл. 1а 1360 А  
Тел/Факс: (3472) 22-88-33,  
22-94-12,  
22-97-05  
E-mail: [rid@rid.ru](mailto:rid@rid.ru), [rid@vzrof.ru](mailto:rid@vzrof.ru)  
<http://www.rid.ru>



г. Уфа



Информационный центр выставки:

Журналы:

"Сварочная промышленность"

"В мире сварки и пайки"

"Старение"

"Безопасность труда в промышленности"

Межгосударственный научный совет по сварке и редственным технологиям  
Министерство образования РФ  
Российское научно-техническое сварочное общество  
Федеральный социальный и промышленный надзор России  
Национальный аттестационный комитет по сварочному производству  
Институт сварки России  
АО "ВНИИСТ"  
Министерство строительства, архитектуры и дорожного комплекса РБ  
Администрация г.Уфы  
Академия наук РБ  
Республиканская организация Башкортостана нефтегазстройпроекта  
Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет  
БГУ "Центр "СВАРЭКО" РБ  
Выставочный центр "БашЭКСПО"  
При поддержке Кабинета Министров РБ

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ СВАРОЧНЫЙ ФОРУМ

V Международная специализированная выставка  
II Международная научно-техническая конференция  
I Конкурс сварщиков СНГ

## СВАРКА КОНТРОЛЬ. РЕНОВАЦИЯ



V Международная специализированная выставка

## МЕТАЛЛООБРАБОТКА

29 октября - 1 ноября 2002 года

г. УФА

Республиканский выставочный комплекс ул. Менделеева, 158

Одновременно пройдут специализированные выставки

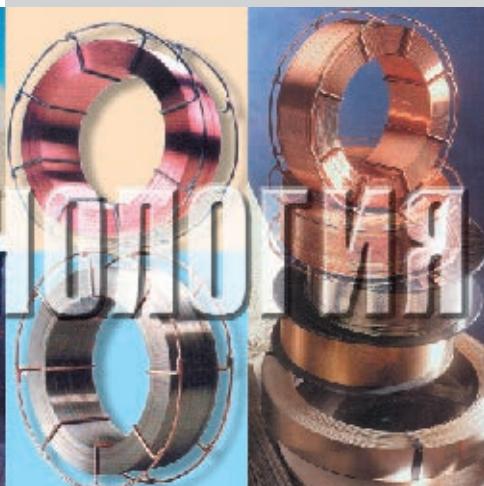
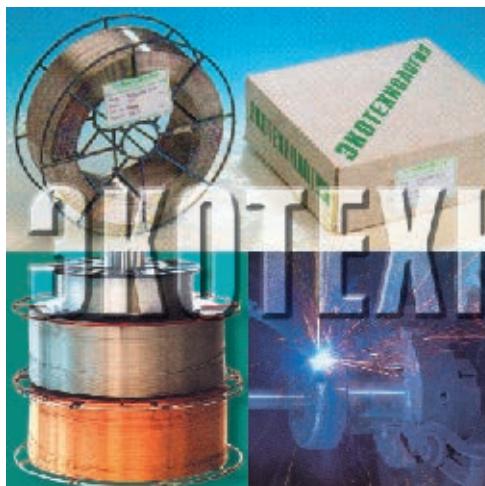
## "Нефтегаз" и "Химиндустрия"

Тел: (3472) 52-53-86, 53-41-10, факс: 52-55-93

E-mail: [bashexpo@ufanet.ru](mailto:bashexpo@ufanet.ru)

Возрождению ЭКОномики - передовые ТЕХНОЛОГИИ!

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



«Экотехнология» —  
торговый представитель в Украине  
ведущих европейских компаний —  
предлагает по эксклюзивным ценам  
омедненную сплошную проволоку  
диаметрами от 0,6 до 1,2 мм  
на катушках с равномерно и плотно  
намотанной проволокой  
массой 5 и 15 кг.

Механизированная дуговая сварка  
омедненной сплошной проволокой в среде  
защитных газов — прогрессивный способ  
сварки ответственных конструкций.

Омедненная проволока  
изготовлена по современной технологии  
на оборудовании фирмы «SAMP».  
Обеспечивает стабильное горение дуги,  
малое разбрзгивание, отличное  
формирование металла шва и совершенный  
внешний вид сварного соединения.

ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

(044) 248 7336, 495 2616



## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

### ПРАВИЛЬНО-ОТРЕЗНОЙ СТАНОК АР 04



$\varnothing 2...5$  мм  
 $L = 250...450$  м; 415...230 шт./мин.

- Обеспечивает качественный рез и прямолинейность стержней, в т.ч. из высоколегированной проволоки.
- Надежен в эксплуатации.
- Предельно прост в обслуживании.
- Установленная мощность - 3,7 кВт.

Защищен патентом и  
сертифицирован.



ул. Васильковская, 14, 03040, г.Киев, Украина, тел./факс: (10 38 044) 263-40-44  
[www.welma.mksat.net](http://www.welma.mksat.net) [welma@welma.kiev.ua](mailto:welma@welma.kiev.ua)

III Международная специализированная  
выставка приборов и оборудования  
для промышленного неразрушающего контроля



# ДЕФЕКТОСКОПИЯ - 2002

10-13 сентября 2002 г.

Санкт-Петербург, Михайловский манеж  
(Манежная площадь, 2)

Одновременно  
состоится

XVI РОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 9-12 СЕНТЯБРЯ 2002 г.



Организатор:  
Выставочное объединение "РЕСТЕК"  
Тел. (812) 3208092, 2550497  
Факс (812) 3208090  
Email: sci&ind@restec.spb.ru  
Интернет: www.restec.ru



Информационное обеспечение:  
Журнал "В мире неразрушающего контроля"  
Тел. (812) 3240668  
Факс (812) 3240669  
E-mail: expo@ndtworld.com  
Интернет: www.ndtworld.com

Организаторы выставки:

Фирма Эксперт



При поддержке Министерства промышленности, науки и технологий РФ, Департамента «Науки и технической политики» Правительства Москвы, Приморского Администрации, Роспотребнадзора по Центральному федеральному округу, Российской инженерно-технической ассоциации промышленных предприятий, Издательства «Россия», журнала «Стандартизация и сертификация».

17-20 СЕНТЯБРЯ, 2002  
**РОССВАРКА**  
2-я Международная специализированная выставка  
Россия, Москва, Культурно-выставочный центр «Сокольники»  
оборудования, технологий, материалов,  
инструментов, средств контроля и защиты от  
вредных производственных факторов для  
всех видов сварки, пайки, наплавки, резки  
металлов и пластмасс

<http://www.rossvarkaexpo.ru>

Информационные спонсоры:



РУССКИЙ  
**ФОРУМ**  
ЭКСПЕРТ  
**ОБОРУДОВАНИЕ**  
РИНОК, ПРЕДЛОЖЕНИЕ, ЦЕНЫ

По вопросам участия обращайтесь:  
Тел.: (095) 105-3416, тел./факс: (095) 268-9904, e-mail: tkacheva@exposokol.ru

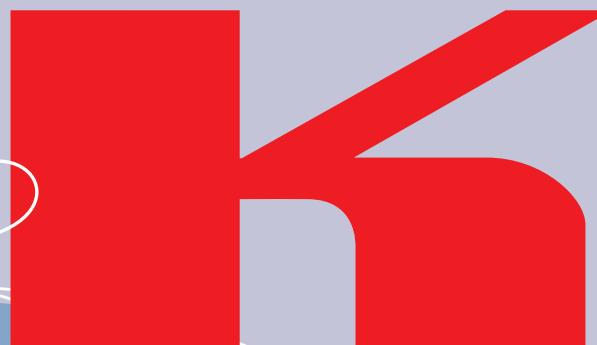
200 ЛЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГЕ, 160 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЯ СВАРКИ Н.Н. БЕНАРДОСА  
Международный симпозиум "200 лет электрической дуге. Роль этого открытия в производственной  
деятельности человека" подведет итог двух столетий и подчеркнет достижения сварщиков.

Выставка "Россварка-2002" по решению Министерства промышленности, науки и технологий РФ и  
Российского научно-технического сварочного общества признана центральной национальной выставкой страны.

# ВСЕМИРНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Информация о компаниях 74 стран,  
их продукции и услугах  
в справочниках, на компакт-дисках,  
в глобальной сети Internet

**1.600.000 компаний**



**KOMPASS**



## Система **КОМПАСС** - это:

- базы данных на CD-ROM
- печатные справочники
- международный поисковый сервер [www.kompass.com](http://www.kompass.com)
- Универсальная Классификационная Система, признанная ООН в качестве международного стандарта (55.000 наименований товаров и услуг)
- реклама в изданиях KOMPASS в 74 странах мира

## Использование системы **КОМПАСС** позволяет:

- получать необходимую Вам информацию о компаниях всех регионов мира, их товарах и услугах
- сделать информацию о Вашей компании и Вашу рекламу доступной в Украине и во всем мире
- установить и расширить прямые связи с деловыми партнерами в Украине и за рубежом
- открыть новые возможности для развития Вашего бизнеса

**ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ KOMPASS INTERNATIONAL В УКРАИНЕ - ЗАО ИНФОЦЕНТР-УКРАИНА**

Тел. (0572)58 78 30, 14 28 10, 14 28 11; Факс (0572)14 28 10, 14 28 11

Офис: г.Харьков, ул.Коломенская, 3 (ин-т УКРГИПРОУЗ), эт.6, к.9; Для писем: а/я 4337, г.Харьков 61166  
E-mail: kompass@insurance.kharkov.ua      <http://www.kompass.com>      <http://www.kompass.com.ua>



• ЗАПОРОЖЬЕ

# СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Производство. Поставка широкого ассортимента электрогазосварочного оборудования с гарантией и сервисным сопровождением

Горелки к полуавтоматам, электрододержатели, плазморезы, роботогорелки, комплектующие от ABICOR BINZEL (Германия, ISO9001-ГОСТ 5.917-81)

Ремонт, наладка сварочного оборудования. Гарантия. Специальные сварочные работы, сварочная проволока.



→ E-mail:  
energy\_welding@comint.net

(0612) 95-06-81, 96-49-45

ЗАПОРОЖСКАЯ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА

## «ОРНИТОФ»

- ◆ РАЗРАБОТКА прогрессивных технологий в области плазменного напыления и наплавки проволоками сплошного сечения и порошковыми, изготовление и внедрение у заказчика оборудования для плазменного напыления и наплавки
- ◆ ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ покрытых электродов для сварки нержавеющих сталей, цветных металлов и сплавов
- ◆ ВЫПОЛНЕНИЕ КОМПЛЕКСА РАБОТ по напылению упрочняющих, защитных и декоративных покрытий на различные детали механизмов и машин
- ◆ НАПЫЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ на графитированные электроды для дуговых печей



Украина, 69035, г. Запорожье,  
пр. Ленина, 170 Б, кв. 48

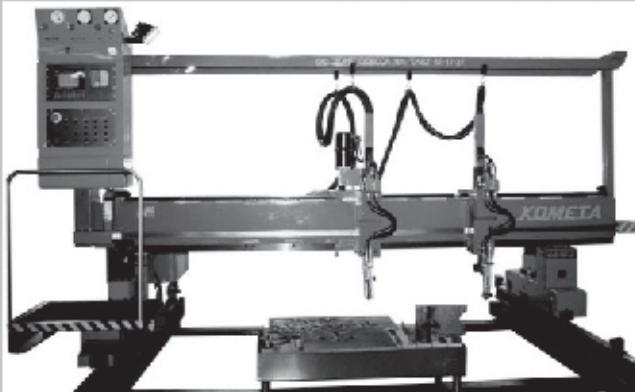
Тел./ф.: (0612) 13 41 32 (приемная)  
13 52 00 (электроды)  
34 14 18 (оборудование, плазма)

**ОАО //ЗОНТ//**



[ завод оборудования научно-технических технологий]

теп. (0482) 471737, (048) 7156777, 7156940  
факс (0482) 473536 e-mail: oaozont@te.net.ua  
<http://www.autogenmash.com>



- Машины для термической резки серии "Комета М"
- Машины для микроплазменной резки серии "Метеор"
- Переносные зазорежущие машины серии "Радуга М"
- Системы ЧПУ для машин термической резки и станков
- Капитальный ремонт, модернизация машин термической резки с ЧПУ, комплектующие
- Запасные части для криогенного оборудования
- Теплообменники, насосы сжиженных газов для криогенного оборудования.



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

## ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРЕЛКИ К ПОЛУАВТОМАТАМ ЭЛЕКТРОДОДЕРЖАТЕЛИ



Тел. (0612) 33-1058, 34-2399, 13-2269, 49-0079  
E-mail: [weld@triada.zp.ua](mailto:weld@triada.zp.ua)

# НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

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) 261–0839.

**У**злы металлоконструкций опорной части силоса объемом 200 м<sup>3</sup> толщиной 16–50 мм из стали СтЗсп, сваренные по общепринятой технологии в период обильных снегопадов и снижения температуры воздуха до минус 10–15°C, не прошли контроль из-за пор и трещин. Какова природа происхождения этих дефектов, связано ли их появление со снижением температуры? Посоветуйте, что предпринять для исключения брака при сварке в зимних условиях?

**С. В. Емельянов (Киев)**

При сварке в условиях низких температур наблюдается повышенная скорость охлаждения при кристаллизации металла сварочной ванны и основного металла в зоне термического влияния (ЗТВ). В результате из расплавленного металла затрудняется выход на поверхность газов и оксидов, что увеличивает содержание в металле шва водорода, кислорода, азота и неметаллических включений, а это может приводить к образованию пор и горячих трещин. Во время сварки при низких температурах возможность образования горячих трещин в швах дополнительно

усиливается с возрастанием скорости упругопластической деформации в критическом интервале температур, в котором нагретый металл уже находится в хрупком состоянии. В тех случаях, когда в металлоконструкциях с толщиной элементов более 16 мм имеются тавровые, угловые или крестообразные сварные соединения, вероятность образования в ЗТВ холодных трещин и инициируемых ими слоистых трещин весьма высока. Причинами слоистого растрескивания могут быть дефекты сварного соединения и дефекты, связанные с качеством толстолистового проката. В зимних условиях ухудшаются сварочно-технологические свойства электродов, главным образом за счет попадания влаги, приводящей к дополнительной пористости наплавленного металла. Повышенный отвод теплоты во время сварки толстолистового проката в условиях низких температур ухудшает проплавление основного металла, что приводит к образованию непроваров.

Для предупреждения образования дефектов рекомендуем предпринять ряд

организационных и технологических мер: предусмотреть защиту сварочного поста от воздействия атмосферных осадков; организовать прокалку сварочных электродов и их хранение на рабочем месте в пеналах; применять сварочные электроды с основным покрытием (например, УОНИ-13/45); выполнять сварку с предварительным подогревом до 150°C; предусмотреть использование повышенной погонной энергии при сварке; использовать вместо жестких прихваток сборочно-сварочные приспособления, не создающие излишних напряжений в металлоконструкциях; зажигать дугу на основном металле и выводить на него кратеры; использовать многослойную сварку; выбирать такую последовательность наложения швов, которая обеспечивает дегазацию расплавленного металла и освобождение его от неметаллических включений; организовать работу так, чтобы не было перерывов, способствующих охлаждению шва до температуры 100–120°C; обеспечивать замедленное охлаждение места сварки.

**Р**асскажите, пожалуйста, о влиянии пористости швов на служебные свойства сварных соединений.

**П. И. Федотов (Иркутск)**

Поры в шве влияют на плотность и механические характеристики сварного соединения. Присутствие пор в шве приводит к уменьшению поперечного сечения шва и, как следствие, к ухудшению механических характеристик сварного соединения в целом. При уменьшении сечения шва до 5% предел текучести, относительное удлинение и угол загиба существенно не изменяются. Более высокая пористость приводит к резкому снижению упомянутых характеристик. Механические свойства сварных соединений высокопрочной стали более подвержены влиянию пористости, чем низкоуглеродистой. Пористость больше оказывается на стыках угловых швов и меньше — стыковых. При испытании на статический изгиб

даже мелкие поры вызывают надрывы, если они расположены близко к поверхности шва. Влияние пор на сопротивление усталости сварных соединений при переменных нагрузках более значимо, чем при статических испытаниях. Установлено, если поры уменьшают площадь поперечного сечения шва всего на 0,8%, то сопротивление усталости сварного соединения снижается на 20%. При более значительном уменьшении сечения сопротивление усталости сварного соединения снижается почти в три раза. Наличие пор в продольных швах менее опасно, чем в поперечных, особенно при низких рабочих напряжениях. Поры, выходящие на поверхность шва (свищи), уменьшают коррозионную стойкость сварного соединения. Требования к качеству сварных швов устанавливаются стандартами, техническими условиями и правилами по контролю и приемке сварных соединений.

Допустимость по количеству, размерам и распределению пор решается в зависимости от условий эксплуатации сварных конструкций. Пористость швов не допускается в сварных сосудах, работающих под давлением или вакуумом, а также предназначенных для хранения и перевозки жидких и газообразных продуктов.

Если количество, размер и распределение пор в швах не превышают требований допустимых норм, это не приводит к потере несущей способности сварной конструкции. Для обнаружения пор в швах применяются следующие методы:

- внешний осмотр;
- осмотр изломов швов, полученных при сварке технологических проб;
- осмотр микрошлифов;
- ультразвуковой контроль;
- радиографический контроль.

*На вопросы отвечал  
Ю. В. Демченко, канд. техн. наук*

# Робототехника в сварочном производстве

**Б. В. Стесин, инж., А. И. Бондаренко, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины**

**В** сентябре 2001 г. в Эссене (Германия) состоялась очередная выставка, которая познакомила с новейшими мировыми достижениями в области технологий и оборудования для сварочного производства. Традиционно большой раздел выставки был посвящен промышленным роботам (ПР) и робототехническим комплексам (РТК) для автоматизации процессов сварки и сопутствующих технологических процессов. Роботы и РТК в количественном отношении были представлены более многочисленно и разнообразно, чем традиционные станки и установки для автоматической сварки.

Представленные экспонаты позволяют провести анализ технических решений и оценить уровень развития созданных средств робототехники, а также новые тенденции в их применении.

Расширилась номенклатура роботов, ориентированных на выполнение различных технологических процессов. Например, фирма «МОТОМАН» предлагает 14 моделей роботов для сварки, сборки и прочих работ.

За последние годы значительно возросла грузоподъемность ПР, в настоящее время для некоторых моделей роботов она достигает 400 кг. Это существенно расширяет области их применения. При этом увеличение грузоподъемности не приводит к ухудшению других показателей роботов. Существенно повысилась также точность позиционирования рабочих органов, которая для некоторых моделей достигает 0,02–0,03 мм и не превышает 0,5 мм для моделей большой грузоподъемности. На рис. 1 для сравнения показаны зависимости точности позиционирования и массы манипулятора от грузоподъемности роботов «МОТОМАН»: 1 – роботы типа К-S (1991 г.); 2 – роботы типа UP (2001 г.).

За счет усложнения алгоритмов обработки информации расширились функциональные возможности роботов. Так, фирма «REIS-ROBOTICS» приводит перечень основных стандартных функций устройств управления ПР для дуговой сварки собственного производства. К ним относятся автоматическое программирование, коррекция возможных ошибок, автоматическое управление роботами по шести степеням подвижности, зажигание дуги, оптимизация параметров режима, регулирование параметров, обработка и рациональный выбор холостых ходов перемещения рабочего инструмента.

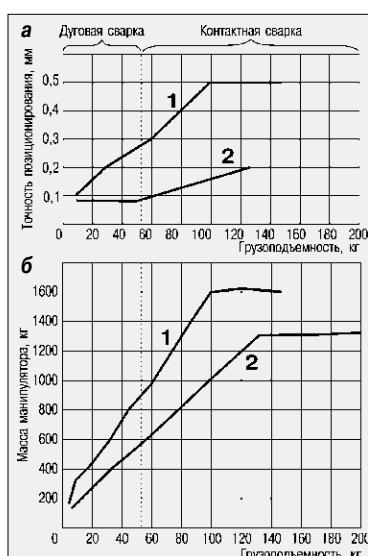
На рис. 2 показан общий вид робота для дуговой сварки фирмы «REIS-

ROBOTICS», который обладает расширенными функциональными возможностями за счет выполнения устройством управления приведенных выше функций. Роботы выпускают грузоподъемностью 6 и 16 кг (модели SRV6, SRV6L и SRV16). Точность позиционирования указанных моделей роботов составляет  $\pm 0,05$  мм. При этом робот модели SRV6L отмечается большей рабочей зоной по сравнению с другими моделями роботов.

Повышение технических характеристик сопровождается снижением стоимости роботов. На рис. 3 показаны тенденции в изменении цены промышленных роботов для сварки и стоимости рабочей силы в США за 1990–2000 гг. Средняя цена промышленных роботов за десять лет снизилась на 40%, а стоимость рабочей силы повысилась примерно на 40%. В настоящее время стоимость достаточно совершенного робота для дуговой сварки колеблется в зависимости от фирмы изготовителя и модели от 40 до 60 тыс. дол. США.

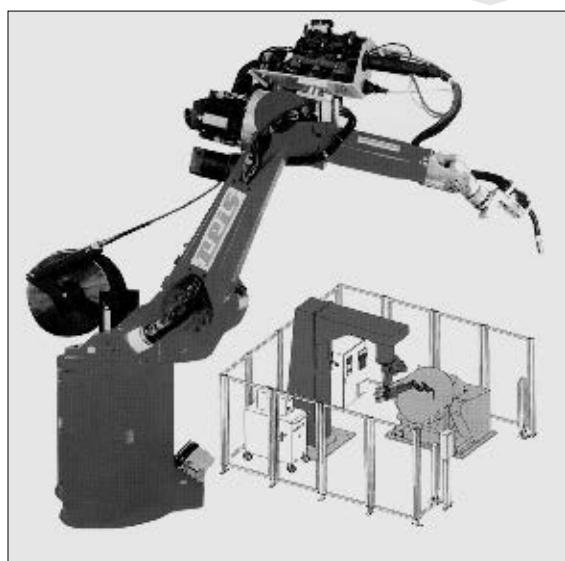
Улучшение технических характеристик и снижение стоимости ПР достигнуто за счет усовершенствования конструкции манипуляторов и систем управления.

В представленных компоновках ПР нового поколения («Panasonic», «Kuka», «МОТОМАН», «Cloos») реализована идея мехатроники, заключающаяся в применении в степенях подвижности манипулятора робота компактных автономных механизмов с короткими кинематическими цепями. Такие механизмы содержат в одном узле механические, электромеханические и электронные элементы. Это позволяет расположить их в кинематической структуре манипулятора непосредственно выше исполнительного звена, что обеспечивает новые качественные показатели роботов. За счет использования современных поколений микропроцессоров с начала девяностых годов вычислительные возможности устройств управления ПР возросли примерно в 200 раз. На рис. 4 показан общий вид робота модели VR-006CE III для дуговой сварки фирмы «Panasonic», в котором наиболее полно реализованы идеи мехатроники.



**Рис. 1. Зависимость точности позиционирования (а) и массы манипулятора робота (б) от грузоподъемности роботов «МОТОМАН»:**  
1 – роботы типа К-S (1991 г.); 2 – роботы типа UP (2001 г.)

**Рис. 2. Робот модели SRV6, SRV6L и SRV16 фирмы «REIS-ROBOTICS»**



Повышение грузоподъемности роботов, используемых для контактной точечной сварки, позволило:

- применять в качестве сменных рабочих инструментов мощные головки для точечной контактной сварки с инверторным источником питания на токи до 20 кА при вылете электродов до 0,5 м;
- использовать блоки сменных схватов, собранных в револьверную головку;
- выполнять с применением манипуляционной системы такие операции, как гибка или принудительная фиксация свариваемых деталей.

Имеются примеры использования в РТК технологии контактной шовной сварки:

- односторонняя шовная сварка плоских конструкций, реализованная при помощи манипулятора ортогональных перемещений и устройства для поворота сварочной головки вокруг вертикальной оси, проходящей через точку контакта ролика с изделием (фирма «Cems»);
- двусторонняя шовная сварка с помощью сменной четырехроликовой головки, взаимозаменяемой с головкой точечной сварки (фирма «Nimak»).

Расширился перечень технологических процессов сварки плавлением, реализуемых с помощью РТК. В робототехнических комплексах используют такие характерные для приборостроения процессы, как аргонодуговая сварка без присадки и с подачей присадочной проволоки, конденсаторная сварка. Высокая точность манипуляционных систем роботов позволяет реализовать такой тонкий технологический процесс, как лазерная сварка без подачи присадочного материала. Особый интерес представляют достижения фирмы «Linde» в сварке оцинкованных деталей в смесях защитных газов, содержащих до 20–30% гелия.

При помощи РТК реализованы новые разновидности технологий электродуговой сварки:

- скоростная сварка двумя плавящимися электродами «Тандем» в защитных газах (фирма «Lincoln» — скорость сварки до 240 м/ч);
- сварка вращающейся дугой, используемой также в качестве сенсора (фирма «Cloos»);
- плазменно-порошковая сварка (фирма «Cloos»);
- комбинированная одновременная сварка лазером и плавящимся электродом (фирма «Kuka»).

На выставке также были широко представлены программно управляемые комплексы для раскрова листового металла с использованием плазменной и лазерной резки. Размеры рабочей зоны: ширина от 3 до 10 м, длина от 3 до 80 м, толщина разрезаемого металла от 1 до 50 мм, точность изготовления заготовок 0,2 мм при лазерной резке.

Реализация возможностей современных ПР эффективна только в составе робототехнических комплексов (РТК), содержащих вспомогательное механическое оборудование и сборочно-сварочную оснастку, а также при условии использования качественных заготовок высокой точности. Новой тенденцией является создание сложных РТК на основе нескольких роботов (фирмы «Reis», «Panasonic», «Cloos», «Dales»). Один из РТК фирмы «Kuka» содержит шесть роботов, два-три из которых работают совместно со своими комплектами сменных рабочих инструментов, причем один из роботов — сварочный, а остальные выполняют роль манипуляторов базовой детали и привариваемых к ней элементов.

Такое решение позволяет:

- расширить номенклатуру основных и вспомогательных операций, выполняемых РТК в каждом цикле;
- выполнить несколько технологических программ без переналадки механического оборудования РТК;
- сократить потребность во вспомогательных программируемых манипуляторах изделия;
- резко упростить нестандартную технологическую оснастку и затраты на ее разработку и изготовление;
- сократить длительность технологической подготовки производства.

Многопрофильные фирмы «Panasonic», «Reis» комплектуют роботы и РТК преимущественно узлами и вспомогательным оборудованием собственного производства. Большинство же производителей средств робототехники применяют узлы, производимые специализированными фирмами.

На фоне снижения стоимости роботов за счет упрощения кинематики манипуляторов и удешевления электроники возрастает относительная стоимость нестандартной оснастки.

Оригинальная сборочно-сварочная оснастка для РТК на выставке практически не экспонировалась. Как средство сни-

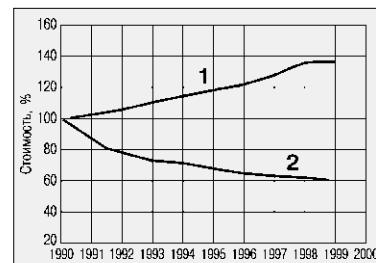


Рис. 3.  
Тенденции в изменении цены промышленных роботов и стоимости рабочей силы в США за 1990–2000 гг.:  
1 — средняя стоимость рабочей силы;  
2 — средняя цена промышленных роботов



Рис. 4. Робот модели VR-006CE III фирмы «Panasonic»

жения расходов на выставке были широко представлены в различных исполнениях комплекты универсально-сборочной оснастки, содержащие установочные элементы и прижимные устройства. Натурные экспонаты и видеоматериалы позволяют сделать вывод, что даже в высокоавтоматизированных РТК для автомобильной промышленности иногда применяют универсально-сборочные приспособления преимущественно с ручными зажимами для крепления деталей. Вместе с тем, широко представлены разнообразные зажимные элементы сборочной оснастки с пневматическим или даже электромеханическим приводом, не заменимые для сложных РТК с автоматической межоперационной транспортировкой деталей и полуфабрикатов.

Применение ПР и РТК обеспечивает стабильно высокое качество продукции, обеспечивает возможность мобильной перестройки производства. Робототехнические комплексы могут создаваться в Украине на основе импортных ПР с использованием собственного вспомогательного оборудования и оснастки.

■ #211

# Сварочный рынок современной Японии

**В. Н. Бернадский, канд. техн. наук, О. К. Маковецкая, канд. экон. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)**

**О**пыт прошлого века показал, что, независимо от колебаний мировой и национальных экономик, сварочный рынок сохранил положительную динамику, а инвестиции и затраты на технологическое обновление сварочного производства, как правило, окупались и приносили ожидаемые технико-экономические результаты. Такое устойчивое положение сварочного рынка во многом объясняется его высокой корреляцией с объемами и динамикой мирового рынка стали. Известно, что до 70% мирового потребления стального проката идет на производство сварных изделий, конструкций и сооружений.

Мировой и региональные рынки сварочной техники имеют два основных сектора: сварочное оборудование (примерно 30%) и сварочные материалы (примерно 70%). В последние годы в общем объеме продаж сварочной техники постепенно увеличивается доля сварочного оборудования. Это отчасти связано с ростом поступления на рынок достаточно дорогостоящего сварочного оборудования для лучевых и, в первую очередь, лазерных технологий, а также сварочных роботов.

На начало века ведущие позиции на мировом сварочном рынке устойчиво занимают страны Западной Европы, США и Япония.

Именно эти страны также составляют ведущую тройку важнейших экономических регионов мира, которые играют определяющую роль в глобализации мировой экономики. Среди них современная Япония — крупнейший в мире экспортёр капитала и вторая промышленная держава мира.

Учитывая, что на мировом рынке сварочного оборудования лидирующее положение занимает сектор оборудования для дуговой сварки (до 50%), а практически весь объем потребления расходных материалов предназначен для сварки плавлением, косвенно сопоставить объемы внутренних рынков трех упомянутых выше регионов можно по конечному продукту — наплавленному металлу. По данным промышленной группы ЭСАБ (Швеция), в 1999 г. было наплавлено металла в странах Западной Европы 422 тыс. т, в США — 344 тыс. т и в Японии — 236 тыс. т. В связи с этим анализ современного сварочного рынка Японии представляет несомненный интерес для специалистов-сварщиков.

На рынок сварочной техники и на объемы сварочного производства Японии в последние годы значительное влияние оказало сокращение общих темпов

развития японской экономики. Так, за период с 1996 по 1999 гг. произошло сокращение объема потребления стальной продукции с 75,8 до 66,8 млн. т, а масса наплавленного металла за этот период снизилась с 310,0 до 236,0 тыс. т.

В настоящее время наметилось некоторое оздоровление японской экономики, и в сварочном производстве отмечен рост производства отдельных видов сварочных материалов (например, сплошных проволок — на 8,0%, проволок для сварки TIG — на 6,0%) и сварочного оборудования (например, сварочных генераторов для дуговой сварки на 4,1%, стандартного оборудования для контактной сварки сопротивлением — на 18,7%). Японские экономисты в своих последних публикациях, оценивая нынешние тенденции и перспективы развития экономики страны, ожидают, что общий подъем экономики начнется с середины 2002 г.

**Сварочные материалы.** В 1986–2000 гг. объем производства сварочных материалов находился в пределах 320–370 тыс. т; в 1991 г. он достиг рекордной величины — 422,9 тыс. т. В период общемирового спада экономики (1992–1994 гг.) объем производства сварочных материалов резко снизился и к концу столетия упал до 303,8 тыс. т (табл. 1).

Четко прослеживаемая в последнее десятилетие тенденция сокращения объемов собственного производства сварочных материалов связана не только с колебаниями экономики и рыночной конъюнктуры, но и с определенной экспортно-импортной политикой и с теми изменениями, которые характерны для японского сварочного производства. Основную долю сварочных материалов (см. табл. 1), потребляемых японской промышленностью, составляют сварочные проволоки сплошного сечения для сварки в среде защитных газов, а также материалы для сварки под флюсом. В производстве сварочных материалов в Японии наблюдается устойчивая тенденция — это непрерывное снижение доли покрытых электродов для ручной сварки и рост производства порошковой прово-

**Таблица 1. Производство сварочных материалов в Японии, 1991–2000 гг. (тыс. т)**

Тип материала	1991	1992	1994	1996	1999	2000	2001 (прогноз)
<b>Покрытые электроды для дуговой сварки*:</b>							
стали	66,6	56,2	53,0	56,3	41,0	44,6	—
спец. стали	23,7	21,5	19,2	18,1	13,8	13,2	—
др. материалы *	1,4	1,3	1,1	1,1	0,8	0,9	—
<b>Всего</b>	<b>91,7</b>	<b>79,0</b>	<b>73,3</b>	<b>75,5</b>	<b>55,6</b>	<b>58,7</b>	<b>60,4</b>
<b>Для сварки под флюсом:</b>							
проводка	22,2	21,2	17,4	18,2	14,8	14,7	—
флюс	24,6	24,4	21,3	22,1	20,2	20,0	—
<b>Всего</b>	<b>46,8</b>	<b>45,6</b>	<b>38,7</b>	<b>40,3</b>	<b>35,0</b>	<b>34,7</b>	<b>35,1</b>
<b>Для сварки в среде защитных газов:</b>							
сплошная проволока	208,7	165,9	135,7	143,6	110,3	119,0	119,8
проводка для сварки TIG	2,2	2,0	2,1	2,2	2,0	2,1	2,2
порошковая проволока	73,5	72,1	73,9	90,0	84,0	89,3	90,5
<b>Всего</b>	<b>284,4</b>	<b>240,0</b>	<b>211,7</b>	<b>235,8</b>	<b>196,3</b>	<b>210,4</b>	<b>212,5</b>
<b>Прутки, стержни и др., всего</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Итого</b>	<b>422,9</b>	<b>364,7</b>	<b>323,7</b>	<b>351,6</b>	<b>286,9</b>	<b>303,8</b>	<b>308,0</b>

\* Для наплавки, сварки чугуна, меди и других материалов.

локи, преимущественно малого диаметра.

В структуре производства сварочных материалов в Японии **проволока сплошного сечения** занимает лидирующие позиции, хотя ее доля в общем объеме производства сварочных материалов постоянно сокращается.

В 1991–2000 гг. общий объем производства **покрытых электродов** в Японии сократился с 91,7 до 58,7 тыс. т или на 36%. Однако уже в 1999 г. наметилась стабилизация, а в 2000 г. даже некоторое повышение объема выпуска покрытых электродов с 55,6 до 58,7 тыс. т. Надо полагать, что достигнут определенный оптимум производства покрытых электродов, который отвечает реальным запросам современного сварочного производства. Прогнозируется дальнейший незначительный рост производства покрытых электродов, что, по мнению японских специалистов, связано, в частности, с увеличивающимися объемами ремонтно-восстановительных работ.

Непрерывно растут заказы различных отраслей на **порошковые проволоки** для сварки в защитных газах. В 2000 г. доля порошковых проволок в общем выпуске расходных сварочных материалов достигла 29%, что соответственно в 1,5 раза превышает объем производства покрытых электродов. Применение сварки порошковой проволокой взамен ручной сварки покрытыми электродами обеспечивает более высокую производительность и качество сварных швов. Одновременно сокращается удельный расход сварочной проволоки. Внутреннее потребление расходных материалов японским сварочным производством может быть оценено только с учетом их экспорта и импорта.

**Экспорт** сварочных материалов Японии в 2000 г. составил около 26 тыс. т. За прошедшие десять лет (с 1990 г. по 2000 г.) он возрос всего на 3 тыс. т. В структуре поставок доминирует порошковая проволока, имеющая высокий спрос на мировом рынке: ее экспорт в 2000 г. составил 73% от общего количественного объема экспорта сварочных материалов. **Импорт** сварочных материалов за последнее время существенно сократился. В 1995 г. импорт сварочных материалов (57,6 тыс. т) практически вдвое превышал объем экспорта (26,5 тыс. т). В 2000 г. импорт сварочных материалов снизился до 37,6 тыс. т, но

**Таблица 2. Производство сварочного оборудования в Японии, 1991–2000 гг., тыс. шт. (млрд. иен)**

Наименование	1991	1992	1994	1996	1999	2000	2001 (прогноз)
<b>Оборудование для дуговой сварки – всего</b>	<b>236,2</b>	<b>176,3</b>	<b>137,9</b>	<b>164,8</b>	<b>104,4</b>	<b>111,9</b>	<b>112,5</b>
<b>(81,4)</b>							
В том числе:							
источники питания постоянного тока	49,3	35,0	26,0	28,4	18,0	24,0	
	(17,0)	(12,0)	(9,1)	(9,6)	(6,3)	(7,7)	
источники питания переменного тока	54,4	41,4	38,7	42,7	27,5	23,2	
	(3,1)	(2,5)	(2,1)	(2,3)	(1,0)	(1,1)	
преобразователи врачающегося типа	48,6	41,4	34,1	42,7	30,1	31,4	31,5
	(18,7)	(15,6)	(10,7)	(11,7)	(8,2)	(8,6)	(8,7)
автоматы и полуавтоматы	80,3	55,7	36,5	48,8	27,9	32,8	33,0
	(25,6)	(18,7)	(12,4)	(16,0)	(9,2)	(12,3)	(12,4)
специальное оборудование	3,6	2,8	2,6	2,2	0,9	0,5	
	(16,9)	(13,5)	(9,5)	(4,5)	(1,8)	(2,1)	
<b>Машины для контактной сварки, всего</b>	<b>17,2</b>	<b>10,6</b>	<b>8,5</b>	<b>11,3</b>	<b>7,8</b>	<b>9,1</b>	<b>9,7</b>
<b>(32,7)</b>							
В том числе:							
обычные машины	15,1	9,1	7,2	9,5	6,4	7,5	
	(9,8)	(5,6)	(5,1)	(5,7)	(5,2)	(7,0)	
специальные и другие машины	2,1	1,5	1,3	1,8	1,4	1,6	
	(22,9)	(17,3)	(10,5)	(13,0)	(9,3)	(7,4)	
<b>Итого</b>	<b>253,4</b>	<b>186,9</b>	<b>146,4</b>	<b>176,1</b>	<b>112,2</b>	<b>121,0</b>	<b>122,2</b>
<b>(114,1)</b>							

**Таблица 3. Структура основного сварочного оборудования, выпущенного промышленностью Японии в 2000 г.**

Наименование	Объем производства			Изменение доли, 2000/1999 гг.		
	тыс., шт.	доля, %	млрд. иен	доля, %	количе-ство, %	стоимость, %
<b>Оборудование для дуговой сварки, всего</b>	<b>111,9</b>	<b>92,4</b>	<b>31,8</b>	<b>68,8</b>	<b>+7,2</b>	<b>+20,2</b>
В том числе:						
источники питания постоянного тока	24,0	19,8	7,7	16,7	+33,3	+22,5
источники питания переменного тока	23,2	19,2	1,1	2,4	-15,6	+14,2
преобразователи врачающегося типа	31,4	30,0	8,6	18,6	+4,1	+4,6
автоматы и полуавтоматы	32,8	27,1	12,3	26,6	+17,2	+34,4
специальное оборудование	0,5	0,5	2,1	4,5	-28,9	+14,2
<b>Машины для контактной сварки, всего</b>	<b>9,1</b>	<b>7,6</b>	<b>14,4</b>	<b>31,2</b>	<b>+17,3</b>	<b>-1,4</b>
В том числе:						
обычные машины	7,6	6,3	7,0	15,2	+18,7	+32,5
специальные и другие машины	1,6	1,3	7,4	16,0	+11,0	-20,4
<b>Итого</b>	<b>121,0</b>	<b>100,0</b>	<b>46,2</b>	<b>100,0</b>	<b>+7,9</b>	<b>+12,5</b>

**Таблица 4. Экспорт и импорт сварочного оборудования для дуговой и контактной сварки (1999–2001 гг.)**

Год	Экспорт				Импорт			
	Оборудование для дуговой сварки		Оборудование для контактной сварки		Оборудование для дуговой сварки		Оборудование для контактной сварки	
	тыс. шт.	млрд. иен	тыс. шт.	млрд. иен	тыс. шт.	млрд. иен	тыс. шт.	млрд. иен
1999	25,0	19,8	7,5	14,8	39,2	~1,0	1,8	~1,0
2000	26,8	24,0	7,4	19,0	56,6	~1,0	2,4	~1,0
2001 (прогноз)	26,3	23,5	7,3	18,6	57,2	~1,0	2,4	~1,0

## Сварочный рынок современной Японии

основную долю импорта по-прежнему составляют проволоки сплошного сечения — 74% (27,5 тыс. т). Японское сварочное производство отдает предпочтение более дешевым сварочным проволокам, поставляемым из Кореи, Тайваня, Таиланда и др.

**Сварочное оборудование.** В Японии впервые за последние четыре года было отмечено увеличение объема производства сварочного оборудования как в количественном, так и в стоимостном выражении. Так, в 2000 г. было произведено 121 047 шт. (+7,9% к 1999 г.) сварочного оборудования на сумму 46,2 млрд. иен (+12,5% к 1999 г.), или 415,8 млн. долл. США\*.

Ожидается, что в 2001 г. производители сварочного оборудования поставят на рынок Японии 122 200 шт. оборудования общей стоимостью около 49 млрд. иен. Однако это меньше, чем произведено в 1991 г. (табл. 2), который был рекордным по объему изготовления сварочного оборудования в Японии.

На исходе ХХ в. был отмечен определенный подъем производства сварочного оборудования по сравнению с 1998 и 1999 гг. Так, выпуск оборудования для дуговой сварки в 2000 г. (см. табл. 3) составил 111 912 шт. (+7,2% к 1999 г.), а в стоимостном выражении он достиг 31,8 млрд. иен (+20,2% к 1999 г.); количество произведенных машин для контактной сварки выросло до 9125 шт. (+17,3% к 1999 г.), но при этом стоимостный объем упал до 14,4 млрд. иен (-1,4%).

Данные табл. 3 позволяют сделать небольшой анализ структуры произведенного и поставленного на рынок в 2000 г. сварочного оборудования. В группу *оборудования для дуговой сварки плавлением* входит пять основных типов оборудования, из которых три — это *источники питания*, которые составляют 65% общего количества обо-

рудования (по стоимости до 38%). Небольшой прирост в 2000 г. по сравнению с 1999 г. как в количественном, так и в стоимостном выражении получило производство *источников питания постоянного тока*. Их выпуск достиг 24 037 шт. (+33,3%) общей стоимостью 7,7 млрд. иен (+27,5%). В основном это связано с растущим спросом на оборудование для сварки тонколистовых конструкционных материалов из обычных, высокопрочных и нержавеющих сталей, алюминия и его сплавов. Наиболее значительно выросла потребность в современных инверторных источниках питания.

В соответствии со спросом увеличилось производство оборудования для воздушно-плазменной резки, которое японскими статистиками относится к этой категории источников питания.

Применение *источников питания переменного тока* традиционно для японского сварочного производства, и в соответствии с устойчивым спросом его выпуск имеет высокую долю. Возросший выпуск источников питания переменного тока в 2001 г. был результатом роста объемов производства в японском судостроении, являющемся основным потребителем данного вида сварочного оборудования.

*Преобразователи вращающегося типа*, в составе которых генераторы с приводом от двигателя внутреннего сгорания являются наиболее представительной группой, практически сохраняют свой объем производства как в количественном выражении так и в стоимостном. По мнению японских специалистов, дальнейшее продвижение этой категории источников питания на японском рынке и на экспорт потребует от производителей дополнительных усилий.

*Автоматы и полуавтоматы* для дуговой сварки — это базовое оборудование для ведущего процесса сварки плавлением — сварки в среде защитных газов. Технологическое применение этого оборудования связано с потреблением основного объема сплошной и порошковой проволоки. Рост единичных цен связан с поставкой на рынок более совершенных моделей оборудования с повышенной эксплуатационной надежностью, улучшенной эргономикой и с электронной системой управления.

Производство *специального оборудования* для автоматизированной

дуговой сварки за последние 15 лет сократилось на порядок. Снижение спроса на специализированные установки и аппараты для автоматической дуговой сварки, по-видимому, отражает общемировую тенденцию автоматизации сварочного производства на основе непрерывно расширяющегося применения промышленных роботов и робототехнологических комплексов (РТК) различного функционального назначения (сборка, резка, сварка, напыление, контроль и др.) взамен специализированных сварочных станков-автоматов, а также специальных сварочных аппаратов, обычно встраиваемых в поточные и автоматизированные линии.

Оборудование для *контактной сварки* японская промышленность производит с максимальным учетом спроса этого вида сварочного оборудования, в первую очередь на внешнем рынке. Достаточно отметить, что в 2000 г. было произведено 9,1 тыс. шт. контактных машин (см. табл. 3) и из них 7,4 тыс. шт. были предназначены на экспорт. Это, в частности, свидетельствует о высокой конкурентоспособности японских контактных машин на мировом сварочном рынке.

Основную долю в оборудовании для контактной сварки составляет *типовое оборудование* массового применения для точечной, рельефной, роликовой и стыковой сварки. Особенно возрос в 2000 г. спрос на те модели машин для контактной точечной сварки, которые отличаются повышенной долговечностью и ремонтопригодностью.

В отличие от типового оборудования *специальные установки и машины для контактной сварки* в основном предназначались для автомобильной промышленности. Это связано с тем, что примерно 75% парка сварочного оборудования в японском автомобилестроении сегодня еще составляют специализированные установки для контактной сварки.

Представление об *объеме внутреннего сварочного рынка* по двум основным группам оборудования может дать сопоставление объемов его производства (см. табл. 2 и табл. 3) и объемов внешней торговли (экспорта-импорта) в соответствующий период (табл. 4).

За последние годы структура экспорта-импорта основного сварочного оборудования заметно изменилась. Если в 1995 г. экспорт сварочного оборудования

\* Среднегодовой курс в 2000 г.: 1000 иен = 9 долл. США.

в десятки раз превышал импорт, то с 1998 г. наблюдается некоторое сокращение экспорта всех типов сварочного оборудования и рост импорта. Особенно выросли количественные показатели импорта оборудования для дуговой сварки.

На мировом рынке сварочного оборудования непрерывно увеличивается сектор *специального оборудования* для таких прогрессивных технологий, как электронно-лучевая и лазерная, диффузионная и ультразвуковая, а также для сварки трением, включая STIR-процесс. Наиболее превосходные перспективы имеют продажи технологических лазеров для обработки материалов. Так, в 1999 г. в мире было реализовано лазерных систем и установок на сумму около 3,0 млрд. долл. США; по расчетам маркетологов, ожидалось, что в 2001 г. объем их продаж превысит 10 млрд. долл. США. В конце 1992–1995 гг. Япония производила для резки и сварки преимущественно CO<sub>2</sub> и ИАГ-лазеры, причем примерно в равном соотношении в общем объеме 42–44 млрд. иен. В настоящее время наряду с повышением мощности обычных технологических CO<sub>2</sub>-лазеров (от 12 до 50 кВт) и ИАГ-лазеров, в том числе с диодной накачкой (от 2 до 10 кВт), на сварочном рынке растет объем продаж более перспективных лазерных систем на основе диодных лазеров мощностью 1–4 кВт и лазеров на парах йода мощностью до 10 кВт. Одновременно увеличиваются поставки соответствующего периферийного оборудования, в первую очередь современной оптоволоконной техники.

*Лазерные технологии* находят эффективное применение во многих отраслях промышленности Японии. Установки на базе CO<sub>2</sub>-лазера применяют в практике черной металлургии для резки проката и сварных труб, в мостостроении и судостроении для резки листов до 30 мм и для сварки сотовых панелей (типа

«сандвич»). Мощные ИАГ-лазеры (7 кВт) применяют для сварки сосудов высокого давления из нержавеющей стали толщиной до 14 мм; диодные лазеры (2 кВт) — для высокоскоростной сварки тонколистовых сварных заготовок (Tailored Blanks) в автомобилестроении; маломощные лазеры — в электронике. Исключительно высокую эффективность дает применение гибридных процессов (лазер+дуга), а также комбинация ИАГ, диодных и йодных лазеров.

Бесспорно, лидирующее место занимает Япония на мировом рынке *промышленных роботов*, которые в настоящее время являются наиболее эффективным средством автоматизации промышленного производства, в том числе и сварочного. Так, в 1999 г. общемировой объем продаж ПР, включая Японию, составил 81,5 тыс. шт. на сумму более 5,0 млрд. долл. США, а объем продаж ПР на внутреннем рынке Японии превысил 35,5 тыс. ПР, или 46,6% от объема мирового рынка. На 2003 г. прогнозируется, что на японском рынке будет реализовано 47,5 тыс. шт. промышленных роботов.

Парк промышленных роботов Японии к 2000 г. составлял примерно половину общемирового парка и превышал 400 тыс. шт. В настоящее время происходит широкая замена эксплуатируемых роботов первых поколений на более прогрессивные, многоцелевые ПР с повышенными параметрами функционирования (скорость перемещения, точность позиционирования, надежность и др.) и совершенной механотроникой. Доля прогрессивных ПР в их общем парке Японии к 2003 г. должна быть доведена до 80–83%.

В структуре парка ПР Японии около 60% составляют роботы, предназначенные для применения непосредственно в сварочном производстве как средство автоматизации процессов сборки, резки, сварки, напыления, контроля и др.

Ежегодному увеличению инвестиций в роботизацию сварочного производства и соответственно росту рыночного спроса на сварочные роботы косвенно способствуют такие присущие Японии факторы, как высокая стоимость рабочей силы и недостаток высококвалифицированных сварщиков. Так, в 1999 г. в Японии была самая высокая среднегодовая почасовая заработка в промышленности — 20 долл. США (в США — 15 и в Германии — 8,2 долл. США). Дефицит атtestованных сварщиков, резчиков и операторов сварочного оборудования носит хронический характер и составляет 8–10% от общей численности требуемого сварочного персонала, что в два раза выше среднего показателя по Японии.

Главный потребитель роботизированных систем и роботов различного функционально-технологического назначения — это японское автомобилестроение; на втором месте — судостроение и в меньшей степени — мостостроение и производство сварных узлов и изделий в общем машиностроении. В соответствии со спросом основных потребителей сварочных роботов в их структуре преобладают роботы для электродуговой сварки в защитных газах (более 65%). Растет количество роботов для лазерной резки и сварки, их количество в 1999 г. в Японии уже превышало 500 шт.; прирост их достаточно интенсивен (за период 1997–1999 гг. их реализация утроилась).

Прогноз производства и рынка сварочной техники Японии тесно связан с тенденциями развития промышленности и экономики страны в целом. В настоящее время отмечена стабилизация заказов в тяжелом машиностроении, судостроении, производстве стальных конструкций. Возросли инвестиции в автомобилестроении. Все это дает основания ожидать повышение объема производства сварочной техники.

■ #212

#### В статье использованы следующие материалы:

**СВЭСТА-2001:** Экономико-статистические данные по сварочному производству. Информационно-статистический сборник //

К: ИЭС им. Е. О. Патона. — 2001. — 89 с.

**Бернадский В. Н.** Япония определяет приоритеты в области сварки на XXI век // Автоматическая сварка. — 2001. — № 3.

**Бернадский В. Н., Дмитриева Н. А.** Состояние и развитие сварочного производства в Японии (обзор) //

Сварочное производство. — 1997. — № 9. — С. 39–45.

**The Japan Welding News for the World** // Autumn Issue. — 2001.

**Bulletin of Labour statistics** // International Labour Office Geneva. — 2000. — № 3. — Р. 119–130.

**World 2000 Robotics. Statistics, market, analysis, forecasts, case studies and profitability of robot investment.** //

United Nations/Economic Commission for Europe, The International Federation of Robotics. — 2000. — 171 p.

# Техника безопасности при термообработке сварных соединений

**П. М. Корольков, ВНИИмонтажспецстрой (Москва)**

При проведении работ по подогреву для сварки и термообработки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные стандартами, входящими в систему стандартов безопасности труда, а также СНиПШ-4-80 «Техника безопасности в строительстве». Кроме того, персонал термистов, занятый на работе с электроустановками, должен соблюдать требования, изложенные в «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП) и «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБЭЭП), а при выполнении работ с газопламенным нагревом — правила техники безопасности, регламентированные «Правилами безопасности в газовом хозяйстве».

Выполнение работ по подогреву для сварки и термообработки сварных соединений на монтаже объектов химической, нефтехимической, металлургической, газовой и других отраслей промышленности характеризуется целым рядом специфических условий: работой на различной высоте (до 40–50 м), на постоянных площадках и временных деревянных или металлических лесах, в полевых условиях, траншеях, при ветре, сквозняке, а в некоторых случаях при дожде и снегопаде. Кроме того, подогрев для сварки и термообработки осуществляется при совмещенном производстве работ с пер-

соналом других профессий: слесарями-монтажниками, электросварщиками, дефектоскопистами, крановщиками, при этом зачастую в тесных, иногда затемненных и сырьих местах.

Все это выдвигает высокие требования по технике безопасности к персоналу термистов, работа которых связана с нагревом труб и аппаратов до высоких температур (до 1100 °С) с использованием электрооборудования и горючих газов, поэтому особое внимание следует уделять организации работ, полностью отвечающих правилам безопасности, изложенным в приведенных руководящих материалах.

Ответственность за соблюдение этих правил возлагается на руководителя подразделения термообработки, которому подчиняется персонал термистов и в ведении которого находится все термическое оборудование. Весь персонал термистов при поступлении на работу или при допуске к этой работе должен пройти вводный (общий) инструктаж по технике безопасности, а также инструктаж непосредственно на рабочем месте, который нужно проводить при каждом переходе на другую работу или при изменении условий работы. Кроме того, повторный инструктаж необходимо проводить для всех рабочих не реже одного раза в 3 месяца.

Не реже одного раза в год персонал термистов должен проходить медицинское освидетельствование.

Операторы-термисты должны быть обеспечены спецодеждой, состоящей из костюма из хлопчатобумажной или брезентовой ткани, кожаных ботинок и кожаных рукавиц, остальные рабочие, входящие в бригады по термообработке, должны быть обеспечены спецодеждой в соответствии с отраслевыми нормами.

При выполнении термообработки в темное время суток необходимо обеспечить освещение не менее 25 лк в соответствии с требованиями нормативных документов.

При работе с теплоизоляционными матами и при их ремонте необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

- дыхательные органы рабочего должны быть защищены респиратором типа «Лепесток» или марлевой повязкой;
- глаза рабочего необходимо защищать специальными очками со светлыми стеклами.

При выполнении работ в территориальных зонах с холодным климатом персонал термистов должен быть обеспечен специальной спецодеждой в соответствии с правилами безопасного проведения работ в данных районах. Кроме того, при проведении работ в этих климатических зонах вблизи мест термообработки (на расстоянии не более 75 м) следует оборудовать специальные помещения для обогрева рабочих. При проведении работ по термообработке на предприятиях и в организациях, относящихся к различным отраслям производства и находящихся в различных климатических и производственных условиях, персонал термистов должен соблюдать правила безопасности труда, предписанные местными нормативными документами.

Весь персонал термистов, занятый на работах с электрооборудованием, должен пройти обучение по ПТЭЭП и ПТБЭЭП. Каждому работнику, успешно прошедшему проверку знаний, выдается удостоверение с присвоением квалификационной группы по электробезопасности. Персонал термистов должен иметь следующие квалификационные группы по электробезопасности (табл. 1).

Возраст инженерно-технического персонала должен быть не ниже 19 лет, рабочий персонал — не моложе 18 лет. Обязанности персонала, обслуживающего электротермическое оборудование, должны быть четко определены в местных инструкциях.

Персонал термистов должен ежегодно сдавать повторные экзамены на зна-

**Таблица 1. Квалификационные группы по электробезопасности**

Категория	Группа (не ниже)
Инженерно-технические работники	III
Операторы-термисты на передвижных термических установках, слесари-монтажники, работающие на электротермических установках токов промышленной частоты 50 Гц	II
Операторы-термисты на передвижных термических установках, работающие на электротермических установках токов средней частоты 400–10 000 Гц	II
Электромонтеры по обслуживанию электрооборудования передвижных термических установок, слесари-электромонтеры, электрослесари, электромонтеры, специалисты КИПиА	III

ние ПТЭЭП и ПТБЭЭП. Кроме того, персонал термистов должен знать правила оказания первой помощи при поражении электрическим током, при ожоге, отравлении, тепловом ударе или механическом воздействии, а также правила пожарной безопасности.

При проведении подогрева для сварки и термообработки с использованием электронагрева в монтажных, ремонтных и полевых условиях должна быть обеспечена защита жизни и здоровья персонала термистов от таких видов травматизма, как поражение электрическим током, ожоги, возможность ударов различными предметами при их перемещении. Должна быть исключена также опасность возникновения пожаров.

Для электротермического оборудования характерно наличие в некоторых случаях токоведущих частей, находящихся непосредственно в рабочем пространстве, без изоляции или с недостаточной изоляцией. Это повышает опасность при касании токоведущих частей инструментом, влажной одеждой и т. п. Кроме того, работа электротермического оборудования всегда сопряжена с выделением теплоты, что создает опасность теплового поражения. Учитывая специфическую температуру мест и наличие деревянных лесов, легковоспламеняющихся конструкций и материалов в районе производства работ, необходимо, чтобы устройство, расположение, наладка, эксплуатация и ремонт электротермического оборудования и электронагревателей строго соответствовали требованиям ПТЭЭП и ПТБЭЭП.

При проведении работ по монтажу, наладке, эксплуатации и ремонту электротермических установок необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

■ используемые в качестве источников питания сварочные трансформаторы должны соответствовать требованиям стандартов по безопасности труда. Напряжение холостого хода таких трансформаторов не должно превышать 140 В действующего значения. При этом источники с напряжением холостого хода выше 80 В допустимо применять только в установках, обеспечивающих автоматическое отключение при размыкании цепи не позже чем через 2 с. Кроме того, сварочные трансформаторы с напряжением холостого хода выше 80 В должны

- включаться только при замкнутой цепи трансформатор–электронагреватель;
  - металлические части электротермических установок должны быть надежно защищены, у сварочных трансформаторов, кроме того, должна быть заземлена одна из клемм низкого напряжения. На участке эксплуатации должен быть обеспечен надежный заземляющий контур, к которому присоединяют блок–узлы этих установок; все монтажные, наладочные и ремонтные операции на установках и электронагревателях можно начинать только после отключения источников питания, пультов управления и контроля от сети, т. е. после полного снятия напряжения;
  - на время монтажных или ремонтных работ на электротермических установках должны быть вывешены плакаты с предупредительными надписями «Не включать, работают люди»;
  - по окончании монтажных или ремонтных работ установки можно включить только после проверки правильности электрических соединений, снятия временных перемычек и удаления с места работы инструмента;
  - эксплуатационная инструкция, прилагаемая к каждой установке, должна быть тщательно изучена обслуживающим персоналом и вывешена на видном месте около установки;
  - в установках должны быть предусмотрены необходимые защитные средства (резиновые коврики, резиновые перчатки), а также средства для оказания первой медицинской помощи;
  - во избежание ожогов обслуживающего персонала следует разборку и снятие электронагревателей производить только после их остывания до 30–50 °С;
  - все провода, питающие установку, должны иметь надежную изоляцию и быть проложены в местах, исключающих возможность их повреждения;
  - при наращивании электрических кабелей и проводов места электрического контакта должны быть выполнены с помощью специальных клемм или свивок, тщательно покрыты электроизоляцией и не иметь грубо выполненных скруток.
- При эксплуатации установок запрещается:
- включать их в работу при наличии любой неисправности;
  - приступать к работе при открытых дверях шкафов электротермического оборудования;
  - замыкать имеющиеся контакты блокировок в электрических схемах оборудования;
  - производить термообработку с временных лесов и подмостков, не принятых по акту или допуску в эксплуатацию.
- На каждую установку должен быть заведен эксплуатационный журнал, в котором каждая смена должна заносить свои замечания по работе и техническому состоянию установки.
- Особенно тщательно необходимо соблюдать правила техники безопасности при эксплуатации установок для термообработки токами средней частоты 400–8000 Гц. Допускается эксплуатация этих установок с преобразователями средней частоты с напряжением до 800 В (на клеммах средней частоты) при соблюдении основных правил безопасности:
- все токоведущие части установок и индуктор должны быть ограждены и размещены так, чтобы исключить возможность прикасания к ним при нормальной эксплуатации установок;
  - конденсаторные батареи должны быть размещены в специальных кожухах и снабжены устройством, обеспечивающим их разрядку при обрыве цепи преобразователь–индуктор или при открывании;
  - электрические кабели и провода должны иметь резиновую оболочку (категорически запрещается использовать эти кабели и провода с нарушенной электроизоляцией);
  - в установках должны быть предусмотрены автоматические блокировочные устройства, отключающие преобразователи от сети при неисправности электрооборудования и индукторов, при коротком замыкании в электрической цепи, при попадании людей под напряжение цепи установки, при превышении в электрической цепи предельных значений тока. При этом ток срабатывания автоматического блокировочного устройства не должен превышать 5 мА, а время срабатывания не должно быть более 0,2 с;
  - подключать индуктор необходимо только при отключенном контакторе цепи нагрева.

## Техника безопасности при термообработке сварных соединений

### Меры безопасности при газопламенном нагреве.

Лица, занятые на работе по подогреву и термообработке с использованием газопламенного нагрева от газовых разводок (газопроводов), в соответствии с требованиями «Правил безопасности в газовом хозяйстве» должны пройти обучение по эксплуатации газовых коммуникаций. После сдачи экзаменов они должны получить удостоверение с подписью представителя Управления газового надзора на право производства работ, связанных с газопламенным нагревом. Экзамены должны повторяться каждый год.

При подогреве для сварки и термообработки сварных соединений с помощью газопламенного нагрева характерным видом травматизма могут быть ожоги персонала термистов от нагретых конструкций или нагревательных устройств. Кроме того, применение горючих газов создает пожароопасность, возможность

отравления, взрывоопасность (табл. 2).

Наиболее взрывоопасным и токсичным является ацетилен.

Газообразные пропанобутановые смеси, природный газ, пары бензина и керосина тяжелее воздуха и поэтому могут скапливаться в подвальных помещениях, канавах, приямках и т. п., образуя взрывоопасные смеси.

При выполнении работ по подогреву для сварки и термообработки с использованием газопламенного нагрева запрещается проводить работы:

- под открытым небом во время дождя и снегопада без устройства навеса над рабочим местом;
- в закрытых помещениях в местах возможной загазованности и взрывоопасности без надежной вентиляции, обеспечивающей пятикратный обмен воздуха в течение каждого часа;
- на расстоянии менее 10 м от легко воспламеняющихся и взрывоопасных веществ и материалов;
- в подвалах, колодцах и других низких местах при использовании пропанобутановых смесей, природного газа, бензина или керосина.

Работы можно выполнять на расстоянии не менее 10 м от ацетиленовых генераторов, 5 м — от баллонов со сжи-

**Таблица 2. Пределы взываемости смесей горючих газов с кислородом и воздухом**

Горючий газ	Содержание горючих газов в смеси, %	
	с кислородом	с воздухом
Ацетилен	2,3–93	2,3–81
Природный газ	5–59,2	4,8–14
Пропан	2–48	2–9,5
Бутан	3–45	1,5–8,5
Пропанобутановая смесь	2,6–47	2,2–9,5
Пары керосина	2–28	1,4–5,5
То же, бензина	21–28,4	2,6–6,7

женным газом, ацетиленом или кислородом и 3 м — от газопроводов.

При работе в закрытых помещениях во избежание утечек газа особое внимание необходимо уделять исправности горелок, шлангов и мест соединений газопроводных линий.

При работе на деревянных лесах или в других местах с возможными очагами пожароопасности необходимо иметь на рабочих местах листовой асбест, сухой песок, а также углекислотные огнетушители.

При питании кольцевых многощелевых горелок природным газом в месте подключения шлангов горелок к магистрали природного газа должны быть установлены водяные затворы.

■ #213

## ДО 10-РІЧЧЯ МНВЦ «ЕПСІЛОН»



У квітні 2002 року товариство з обмеженою відповідальністю Міжгалузевий науково-виробничий центр «Епсілон» святкує своє 10-річчя.

МНВЦ «Епсілон» створений у 1992 р. на базі відділу комплексних технологій зміцнення СКТБ «Надра» Івано-Франківського інституту (зараз Державний технічний університет) нафти і газу. Це — сучасне підприємство, яке спеціалізується в багатьох галузях народного господарства по розробці і впровадженню нових технологій, матеріалів і обладнання. Товариство має зареєстрований товарний знак (№93125982 від 12.03.1998 р.).

Основним напрямком діяльності підприємства є розробка та виготовлення порошкових наплавочних матеріалів і обладнання для реставрації та зміцнення швидкоозонуваних деталей, обладнання та інструменту, а також розробка та впровадження від-

повідніх технологій як на вітчизняних, так і на зарубіжних підприємствах.

Підприємство пропонує не тільки традиційні наплавочні матеріали типу «сормайт», а й принципово нові, в основу технології виготовлення яких закладено явище самопошируваного високотемпературного синтезу (СВС) твердосплавних сполук безпосередньо в шихті електроду під дією електричної дуги, що дає змогу отримувати захисні покриття з регульованою твердістю в діапазоні 60–70 HRC<sub>e</sub> та зносостійкістю в 1,4–2,0 раза вищою, ніж аналогічними серійними наплавочними матеріалами.

Для реставрації поверхонь деталей машин з твердістю робочої поверхні 20–40 HRC<sub>e</sub> освоєно випуск окремого класу самозахисних порошкових наплавочних матеріалів. Наплавлений даними матеріалами шар обробляється методом різання.

Крім цього, МНВЦ «Епсілон» виготовляє комплектуючі до автоматичних пральних машин «Норд-ІФ» та «ROLSEN», заливобетонні кришки люків, сировину для виробництва склопластоліту (скловолокніт), наплавляє і відновлює деталі. Підприємство успішно співпрацює із Бурштинською ТЕС, шахтами Львівсько-Волинського басейну, ВАТ «Івано-Франківськкемент» та іншими підприємствами України.

До МНВЦ «Епсілон» входить науково-дослідна лабораторія і дослідні виробництва: наплавочних матеріалів, бетонних виробів, беззастосових фрикційних матеріалів і скловолокніту та відновлення деталей. Така структура дає можливість швидко реагувати на зміну попиту та максимально задоволити потреби ринку.

МНВЦ «Епсілон» — надійний партнер, його двері завжди відкриті для ділового співробітництва.

# Очередной выпуск Международных инженеров-сварщиков

**П. П. Проценко, В. Е. Пономарев, кандидаты техн. наук, Межотраслевой учебно-аттестационный центр ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)**

**В** апреле 2002 г. Межотраслевой учебно-аттестационный центр (МУАЦ) ИЭС им. Е. О. Патона с привлечением преподавателей НТУУ «КПИ» и специалистов Института электросварки провел курс обучения специалистов сварочного производства Украины и России по программе «Международный инженер-сварщик». В результате целевого обучения и аттестации 18 специалистам была присвоена квалификация **Международный инженер-сварщик**.

23 апреля 2002 г. в зале Ученого совета ИЭС им. Е. О. Патона в присутствии ряда ведущих специалистов института, декана сварочного факультета НТУУ «КПИ» А. М. Сливинского, директора МУАЦ П. П. Проценко и преподавателей МУАЦ курсантам были вручены дипломы Международного инженера-сварщика. Дипломы вручал академик Б. Е. Патон, который обратился к выпускникам с добрым напутствием и пожеланием дальнейшего делового и творческого сотрудничества.

Дипломы Международного инженера-сварщика получили: **Бильтцкий А. В., Манжура О. Н., Кузьменко Ю. Н., ОАО «Запорожсталь» (Запорожье), Верченко Д. Л., Елисеев В. А., Житков А. В., ОАО «Николаевский глиноземный завод» (Николаев), Зиновьев В. В., ОАО «АО Спецэлектрод» (Москва), Калман С. Д., ОАО ХК «Крайян» (Одесса), Козел Н. А., КП «Киевтрактородеталь» (Киев), Лазарев В. Н., ГП НПКГ «Зоря-Машпроект» (Николаев), Лактионов М. А., Темченко Г. Н., НПО**

им. Фрунзе (Сумы), **Латанский В. П., TÜV Рейнланд/Берлин-Бранденбург** (Киев), **Пашко Е. И., ОАО «Лисичанскнефтеоргсинтез»** (Лисичанск), **Поляков А. Г., ОАО «Лукойл-ОНПЗ»** (Одесса), **Снисаренко В. В., ОАО «Укрстальконструкция»** (Киев), **Чалый О. Ю., ЗАО «Луганский трубный завод»** (Луганск), **Щербак А. В., ДК «Укртрансгаз»** (Киев).

Особенностью данного курса явилось то, что МУАЦ ИЭС им. Е. О. Патона впервые провел самостоятельное обучение и аттестацию и осуществил первый национальный выпуск Международных специалистов-сварщиков. Это стало возможны благодаря тому, что ИЭС им. Е. О. Патона в соответствии с решением Международного совета по Аккредитации МИС в январе 2002 г. получил полномочия Национального органа (УНО) по реализации в Украине единой системы профессиональной подготовки и международной аттестации и сертификации сварочного персонала.

До создания Уполномоченного Органа в Украине подготовку специалистов сварочного производства по программам МИСа и ЕСФ осуществляли в рамках совместного украинско-немецкого соглашения между ИЭС им. Е. О. Патона и Учебно-исследовательским центром сварочной техники (Росток, ФРГ). Подготовка предусматривала очно-заочное обучение в Киеве на базе Межотраслевого учебно-аттестационного центра

ИЭС им. Е. О. Патона. Всего было подготовлено 46 специалистов сварочного производства по программе Европейский инженер-сварщик и 19 — по программе Международный инженер-сварщик.

С сентября 2002 г. подготовку специалистов МУАЦ ИЭС им. Е. О. Патона будут осуществлять регулярно по всем четырем категориям управляющего персонала: Международный инженер-сварщик, Международный технолог-сварщик, Международный специалист-сварщик и Международный практик-сварщик.

Длительность курса обучения по каждой программе зависит от уровня квалификации кандидата-курсанта, его специализации, характера выполняемой работы и производственного опыта. В зависимости от подготовки обучающихся длительность курса, составляющая 444–416 уч. ч. может быть сокращена до 72–32 уч. ч.

Присвоение Международной квалификации дает значительные преимущества как специалисту сварочного производства, так и предприятию, на котором он работает. Инженеры, технологии и специалисты, имеющие международный диплом, приобретают право осуществлять надзор за выполнением сварочных работ в производстве сварных конструкций и сооружений в соответствии с требованиями международных норм по системам обеспечения качества (ISO 9000/2000), а также участвовать в работах по подготовке и проведению сертификации продукции сварочного производства в соответствии с международными требованиями (ISO 3834). Международный диплом специалиста сварочного производства — это признание его высокого профессионального уровня, он дает возможность участвовать в выполнении зарубежных контрактов как на территории своей страны, так и в любой другой стране мира, получить более высокооплачиваемую работу, повышает деловой авторитет специалистов среди коллег и подчиненных.

■ #214



# Промышленно-инновационный форум «Промтехэкспо» (26–29 марта 2002 г.)

**Сибирский промышленно-инновационный форум «Промтехэкспо», организованный Международным выставочным центром «Интерсиб», завершился в Омске 29 марта 2002 г. В выставках «Омскгазнефтехим», «Энергосиб», «Сибзавод» и «Ин-Экспо» приняли участие 178 экспонентов из России, Казахстана, Молдовы, Украины, Беларуси, Германии, Бельгии, Швейцарии и США, которые представили широкий ассортимент современного оборудования и новейшие технологии.**



Поддержку форуму оказали Министерство промышленности, науки и технологий РФ, Министерство энергетики РФ, Администрация Омской области, Управляющая компания «СибВПКнефтегаз».

Масштабное мероприятие, которым явился форум, привлекло в Сибирский регион потенциальных инвесторов, дало толчок развитию омских предприятий, способствовало укреплению связей между производителями и потребителями их продукции. Выставка демонстрировала результаты реализации комплексных программ, в частности межрегиональной целевой программы «СибВПКнефтегаз 2000». Качество продукции отмечено сертификатами международной системы качества ISO.

В последние годы выставки «Промтехэкспо» завоевали лидирующее место в Сибири. Если два года назад в выставке принимали участие преимущественно представители предприятий нефтехимической промышленности, то уже в 2001 г. выросло число экспонентов, демонстрирующих достижения в электронике, приборостроении, энергетике и энергосбережении. В нынешнем году в работе выставки приняли участие предприятия машиностроения, станкостроения и металлургии. Мэрия Новосибирска организовала поездку в Омск делегаций одиннадцати предприятий города. Еще более масштабную экспозицию представили предприятия — участники межрегиональной целевой программы «СибВПКнефтегаз-ТЭК». Форум «Промтехэкспо» стал своего рода барометром, показывающим на «ясно» в оценке экономического подъема отечественной промышленности.

Значительную часть в экспозиции занили технологии и оборудование предприятий СНГ. Украину на форуме представляли завод «Красный октябрь» (Фастов) и АО «Стеклоприбор» (Полтава).

В программе Сибирского промышленно-инновационного форума «Промтехэкспо» особое внимание специалистов привлекли круглый стол «Комплексные системы автоматизации промышленных предприятий» и семинары «Контроль диагностики нефтегазовых технологий», который был организован Управляющей компанией «СибВПКнефтегаз-ТЭК», «Особенности построения систем менеджмента качества по стандарту ИСО 9001:2000 в инновационных предприятиях», подготовленный Сибирским сертификационным центром.

Показателем высокого уровня подготовки выставочного проекта «Промтехэкспо» стали предварительные заявки не только предприятий Сибири, но и из СНГ на участие в форуме «Омскполитех» (Омск, 12–15 ноября, 2002 г.). Форум выявил еще одну позитивную тенденцию: фирмы «Галика АГ» (Москва), «Элав и К» (Москва), «ЮМО» (Москва) провели успешные переговоры об открытии в Омске своих представительств.

Успех сопутствовал и выставке «Ин-Экспо» несмотря на относительно малое число участников. Научно-исследовательские центры продемонстрировали новейшие научные разработки и высокие технологии в таких наукоемких отраслях, как электроника и приборостроение. Повышенный интерес специалистов к этой тематике, возможно, определит в будущем выделение ее в самостоятельную выставку.

Конкурсная комиссия промышленно-инновационного форума «Промтехэкспо-2002» подвела итоги работы выставок. Золотыми медалями выставки «Омскгазнефтехим» награждены: ЗАО «Уралкотломаш» (Екатеринбург), ЗАО «Компомаш-ТЭК» (Москва), ФГУП «ОМПО им. П. И. Баранова» (Омск), ОАО «Сибнефть-Омскнефтепродукт» и ОАО «Транссибнефть». За высокоеэффективный ин-

вестиционный проект по освоению промышленного выпуска конверсионных изделий, в том числе по региональным программам, Золотой медали выставки удостоена Управляющая компания межрегиональной целевой программы «СибВПКнефтегаз-ТЭК».

По итогам работы выставки «Сибзавод» Золотые медали вручены заводу «Красный Октябрь» (Фастов), «Ульбинскому металлургическому заводу» (Усть-Каменогорск), Торговому дому «Челябинский компрессорный завод», а также за производство и внедрение ресурсосберегающих изделий — ООО «Пумори-инжиниринг» (Екатеринбург), за эффективность применения новых конструктивных решений в разработке технологического оборудования — объединению «4С» (С.-Петербург). Золотые медали выставки «Энергосиб» присуждены компании «Электрозвод» (Москва), ЗАО «Контактор» (Ульяновск) и научно-производственному центру «Энергосервис» (Омск). Главная награда выставки «Электроника. Приборостроение» за создание продукции многоцелевого назначения вручена ЗАО «Эрасиб» (Новосибирск).

За эффективное продвижение продукции, активное внедрение передовых технологий и применение новых технологических решений, применение ресурсо- и энергосберегающих технологий большой группе предприятий из России, Беларуси и Казахстана вручены двадцать один почетный Диплом участников Форума и семнадцать Благодарственных писем.

В календаре Международного Выставочного Центра «ИнтерСиб» следующий промышленно-инновационный форум «Промтехэкспо» — март 2003 г. Он, несомненно, продолжит традиции укрепления делового сотрудничества и межрегиональных связей, будет способствовать сближению интересов науки и производства в деле внедрения новых технологий.

■ #215

Пресс-центр МВЦ «Интерсиб»  
(Омск)

# Неделя высоких технологий в Санкт-Петербурге

Третью неделю апреля в С.-Петербурге можно было по праву назвать металлургической, поскольку в город на Неве съехались лучшие представители этой отрасли — 16–19 апреля с успехом прошли международные специализированные выставки «Металлургия», «Литейное дело», «Инструмент» и «Металлообработка».



Выставки проводились при поддержке Департамента машиностроения и Департамента развития и реструктуризации металлургического комплекса Министерства промышленности, науки и технологий РФ, Международного Союза металлургов, Администрации С.-Петербурга, Гильдии кузнецов и художников по металлу С.-Петербурга, Союза промышленников и предпринимателей (работодателей) С.-Петербурга.

На церемонии официального открытия присутствовали: Генеральный директор Международного Союза металлургов В. С. Колпаков, начальник отдела Министерства промышленности науки и технологий РФ В. В. Рубцов, Президент Российской ассоциации литьевиков И. А. Дибров.

Выставка «Металлургия» проводится в С.-Петербурге вот уже в четвертый раз и неизменно пользуется популярностью среди посетителей. Она тематически охватила весь производственный цикл от добычи и обогащения руд до выпуска готовой металлопродукции, а также оборудование и материалы для металлургического производства. В выставке приняли участие 100 фирм (для сравнения в первой выставке — 33 участника), среди них признанные лидеры производства — Белорусский металлургический завод, Таганрогский металлургический завод, Лысьвенский металлургический завод, Волгоградский металлургический завод «Красный октябрь», Новосибирский металлургический завод, Новосибирский оловянный комбинат, Новосибирский электродный завод, Азовсталь, Ижсталь, ЛМЗ, Дружковский метизный завод, завод «Красный выборжец», Артемовский завод по ОЦМ, Челябинский электро-цинковый завод, Ревякинский металлопрокатный за-

вод; предприятия по производству оборудования и оснастки — Завод технологического и специального оборудования (Украина), Рэлтек, Фонд-металл, Сухоложский огнеупорный завод; научно-исследовательские организации — Учебно-инжениринговый центр, Диал инжиниринг, Спектральная лаборатория; металлоторгующие фирмы — Лист, Глобус-Сталь, Нержавеющий супермаркет, Промснабметалл Нева и др.

Среди участников выставки «Литейное дело»: Череповецкий литейно-механический завод, Волковысский завод литейного оборудования, Салют, ОХТАлит, ДнепроСпецсталь, Центральный научно-исследовательский институт материалов, Уральская Химическая Компания, Волковысский завод литейного оборудования и др. «Литейное дело» — это единственная на Северо-Западе выставка, на которой представлено все о литье и для литья: оборудование, технологии, материалы, готовая продукция, комплектующие, отливки.

Основная цель выставки «Металлообработка» — представить оборудование, технологии, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности. Несмотря на то, что эта выставка проходила в С.-Петербурге впервые, она собрала много интересных участников, среди них: компания «ЗМ Россия», «Ленточные пилы», Инstrumentально-подшипниковый центр, Русская промышленная компания, Пумори-инжиниринг, Диал Инжиниринг, Нефтеbug, Деловой центр «Абразивы» и др.

Несмотря на то, что большинство станков на выставке были представлены лишь на планшетах, многие посетители-специалисты нашли необходимое для своих предприятий оборудование и выразили надежду, что на следующих выставках на экспонаты можно будет не только посмотреть на экране компьютера (стенд фирмы «Ирлен»), но и ознакомиться с их работой воочию, а может быть, и приобрести выставочный образец.

Выставка «Инструмент» в 2002 г. прошла уже второй раз под девизом «Весь спектр инструментов для любителей и профессионалов». Участники выставки — это ведущие предприятия-производители инструментальной отрасли, такие как инструментальные заводы Белгородский и Храпуновский, Завод специального инструмента и техоснастки (Беларусь), Измерон, Спецтехоснастка, компании, торгующие инструментом: АРТ-Скалт, Адис Глюс, Проминструмент, Веллер, а также иностранные компании-производители инструмента: Sandvik-MKTS (Германия), Zbirovia A.S. (Чехия).

За время работы выставок их посетило более 6000 специалистов более чем из 80 городов России и 18 стран ближнего и дальнего зарубежья (Беларусь, Украина, Молдова, Грузия, Эстония, Литва, Латвия, Казахстана,

Киргизстана, Польши, Германии, Италии, Индии, Финляндии, Бразилии, Канады, США, Кипра). Особенный интерес выставка вызывала у металлургов — 33%, машиностроителей — 28%, производителей инструмента — 11%. Высок и должностной статус посетителей выставок: высший руководящий состав (президент, генеральный директор, директор службы) — 26%, руководители среднего звена — 38%, специалисты и служащие — 34%, частные предприниматели — 1%.

Из года в год наблюдается положительная динамика развития выставок. В 2002 г. в выставках принимали участие более 110 фирм из России, Украины, Беларуси, Чехии, Польши, Германии, Италии, Киргизстана.

Большинство посетителей отметили как основную цель посещения выставки исследование рынка (цен конкурентов, спроса на продукцию, поиск новой продукции). Не меньший интерес вызывала деловая и культурная программа выставок:

- горно-металлургический форум, на котором была проанализирована ситуация в металлургической отрасли сегодня и определены основные направления развития до 2010 г.;
- семинар «Литье в песчаные формы», где участники смогли прослушать доклады и обсудить вопросы связанные с современными тенденциями в развитии формовочных процессов и производства стержней;
- круглый стол «Металлоторговля Северо-Западного региона. Вопросы и ответы», собравший более 200 участников — представителей ведущих торговых компаний С.-Петербурга и России.

После окончания выставок для участников был организован постыднический выездной семинар во время поездки в Финляндию и Швецию. Семинар прошел на территории завода компании LAROX OY (Финляндия). Участники семинара могли ознакомиться с работой завода, его производством, с новыми технологиями по производству и внедрению фильтров.

По мнению участников и посетителей выставок, конференционные мероприятия дали хорошую возможность встретиться представителям науки, производства и торговли и обсудить положение в целом в металлургической отрасли, а также получить возможность установить новые взаимовыгодные связи как с администрацией города, так и с представителями деловых кругов Северо-Запада России.

Практически все посетители выставок отметили положительный эффект от участия в данном мероприятии и выразили желание стать посетителями следующих выставок (более 97%). ■ #216

Дирекция научно-промышленных выставок ВО «РЭСТЭК»



# Владимиру Константиновичу Лебедеву – 80 лет

**6 июня 2002 г. исполнилось 80 лет известному ученому в области технологии сварки и сварочного оборудования, доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки и техники, лауреату Ленинской премии, государственных премий СССР и УССР, премии им. Е. О. Патона, академику Национальной академии наук Украины Владимиру Константиновичу Лебедеву.**



80

В Институт электросварки В. К. Лебедев пришел в 1945 г. после окончания Московского энергетического института. Начало инженерной и научной деятельности Владимира Константиновича совпало с тяжелым послевоенным периодом, когда страна нуждалась в проведении исследований, связанных с разработкой новой сварочной техники. Уже через три года, в 1948 г., он защитил кандидатскую диссертацию, посвященную исследованию особенностей и разработке методов расчета сварочных трансформаторов со сложными полями рассеяния. В 1959 г. В. К. Лебедеву была присуждена степень доктора технических наук за работу, явившуюся существенным вкладом в теорию и практику создания современных специализированных трансформаторов. В 1964 г. В. К. Лебедев был избран чл.-корр. НАН Украины, а в 1972 г. — академиком НАНУ.

Непрерывно работая в ИЭС вот уже на протяжении более полувека, В. К. Лебедев прошел путь от младшего научного сотрудника до руководителя крупного исследовательского подразделения и заместителя директора по научной работе.

В. К. Лебедев является одним из ведущих специалистов в области электротермии и преобразования электрической энергии. Наиболее значимые работы ученого связаны с изучением средств преобразования электрической энергии в тепловую и созданием десятков типов новых источников тока для различных видов дуговой, электрошлаковой, контактной, электронно-лучевой, лазерной сварки и для специальной металлургии. Эти источники тока нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Разработки В. К. Лебедева и его имя широко известны не только в Украине и странах СНГ, но и далеко за их пределами.

Результаты исследований В. К. Лебедева и его изобретения неоднократно удостаивались высших государственных наград. За разработку новой высокопроизводительной технологии и оригинального оборудования для контактной стыковой сварки изделий с большим попечным сечением соединяемых деталей, которая широко используется при строительстве железнодорожных путей, в 1966 г. В. К. Лебедев в составе авторского коллектива был удостоен звания лауреата Ленинской премии. Последующее развитие исследований в этом направлении привело к созданию технологических комплексов с внутритрубными машинами для контактной стыковой сварки труб большого диаметра. В. К. Лебедев также внес весомый вклад в исследования по разработке, созданию и внедрению оборудования для многопозиционной контактной сварки головок блоков локомотивных дизелей и теплообменников мощных трансформаторов, которые в 1976 г. были отмечены Государственной премией УССР. В 1986 г. Государственной премии СССР был удостоен проведенный ученым цикл исследований в области контактной стыковой сварки силовых элементов летательных аппаратов.

Широкий диапазон научных интересов и глубокая заинтересованность в практическом применении результатов проведенных исследований являются характерной чертой активной творческой работы В. К. Лебедева. Владимир Константинович — автор свыше 450 научных работ, в т. ч. 11 монографий, более 200 новых способов сварки и сварочного оборудования. На большинство изобретений получены патенты.

Ученый способен не только ощущать потребности производства, но и определять перспективные и приоритетные направления развития науки и техники.

Академик В. К. Лебедев возглавляет новое для ученых и специалистов сварщиков направление — создание биоэлектрической технологии, которая позволила впервые получить качественные сварные соединения поврежденных живых тканей. Объединив усилия специалистов инженерного и медицинского профиля, В. К. Лебедев стал ведущим разработчи-

ком проекта «Сварка живых тканей», выполняемых в рамках Международной ассоциации «Сварка». Его заслугой является разработка теоретических основ процесса соединения живых тканей на молекулярном уровне и основ автоматической самонастройки процесса получения качественного соединения. Это позволило впервые в мировой практике создать сварочное медицинское оборудование и сварочный медицинский инструментарий для проведения хирургических операций по восстановлению физиологических функций поврежденных органов человека. Новая сварочная медицинская технология В. К. Лебедева нашла успешное клиническое применение.

В 2001 г. В. К. Лебедеву за цикл работ в области сварки и родственных технологий присуждена премия им. Е. О. Патона.

В настоящее время В. К. Лебедев является советником при дирекции ИЭС и руководителем научно-исследовательского отдела электрических процессов. Активно занимается научно-организационной и общественной деятельностью: он — заместитель главного редактора журнала «Автоматическая сварка», заместитель председателя специализированного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций, председатель Украинского аттестационного комитета сварщиков (УАКС).

Ученый щедро передает богатый опыт и знания ученикам, коллегам по работе, молодым сотрудникам. За долгие годы плодотворного творческого труда академиком В. К. Лебедевым создана научная школа, из которой вышли 10 докторов и 42 кандидата технических наук.

Все, кто работает и общается с Владимиром Константиновичем, единодушно отмечают его исключительную порядочность, добросердечность, доброжелательность и интеллигентность.

**Сердечно поздравляя юбиляра, от всей души желаем ему крепкого здоровья, жизненной энергии, больших успехов в свершении новых творческих замыслов, семейного тепла.**

**Совет Общества сварщиков Украины, редакция и редакция журнала «Сварщик»**

# Ирвинг Ленгмюр и атомно-водородная сварка

**А. Н. Корниенко, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины**

**И**рвинг Ленгмюр родился 31 января 1881 г. в аристократическом Бруклине в семье предпринимателя среднего достатка. Ирвинг проучился несколько лет в обычной американской школе, затем в 1892 г. семья переехала во Францию. В пансионе, на окраине Парижа, он был единственным иностранцем и отличался плохим поведением, широким кругом интересов и блестящими способностями к естественным наукам.



Вскоре семья вернулась в США, и Ирвинга отдали учиться в Академию Честнэт Хилл в Филадельфии. Он быстро освоил курс тамошних наук, за шесть недель самостоятельно изучил высшую математику, в 14 лет поступил в институт Пратта в Бруклине, в семнадцать стал студентом Колумбийского горного института, а после его окончания в 1903 г. поступил еще и в Германию в Геттингенский университет, где изучал технику.

В 1906 г. Ленгмюр получил диплом доктора физики и приглашение преподавать химию в Институте Стивена в Хобокене. На спокойной преподавательской работе он продержался три года. Однажды во время летнего отпуска он заглянул в компанию «Дженерал электрик», намереваясь пару месяцев поработать в лаборатории, и... остался на долгие годы, сделав здесь свою научную карьеру. К этому времени в «Дженерал электрик», уже прославившейся работами Э. Томсона, Ч. Коффина, К. Кулиджа и других, утвердились правила: «не только использовать накопленные мировые знания, но и самим вносить вклад в фундаментальные науки».

Руководство «Дженерал электрик» пришло к выводу, чтобы выстоять в конкурентной борьбе и быть в авангарде развивающейся электротехники, необходимо сформировать заниматься проблемами производства на научном уровне. В компании были созданы специальные лаборатории для фундаментальных исследований. Одна из лабораторий занималась проблемой охрупчивания металла при обработке, в том числе и при дуговой сварке.

Ленгмюр занялся небольшой, как казалось, частной проблемой: улучшением вольфрамовой нити для ламп накаливания. Вскоре работа над гибким вольфрамом привела не только к созданию надежных электрических ламп, наполненных инертными (для вольфрама) газами, но и к со-

вершенствованию триодов, изобретению вакуумного насоса в сто раз более мощного, чем существовавшие ранее, печи для прогрева в условиях вакуума, а также к объяснению явлений катализа. Эти и другие работы в той или иной степени повлияли на дальнейшее развитие сварки. Важнейшее значение имели результаты исследований термоэлектронной эмиссии вольфрамовых нитей. И. Ленгмюр обнаружил следующее: оксидная пленка на вольфраме выдерживает нагрев до 1500 °C, после чего она разрушается и ее уже нельзя восстановить водородом, и самое главное — молекулярный слой оксида тория на вольфраме увеличивает эмиссию электронов из вольфрамовой нити в вакууме в 100 тыс. раз.

Совсем неожиданным продолжением его исследований стало создание атомно-водородной сварки — способа, с помощью которого была решена назревшая к тому времени проблема высококачественного соединения цветных металлов. Новый способ был основан на явлении диссоциации водорода, открытого и подробно изученном И. Ленгмюром в 1911 г. Проведя исследования теплоотдачи с поверхности вольфрамовой нити, которая нагревается электрическим током в баллоне, наполняемом различными газами при разных давлениях, ученый обнаружил, что в атмосфере водорода теплоотдача резко возрастает с повышением температуры. Поскольку двухатомная молекула водорода является прочным экзотермическим соединением, процесс диссоциации молекул на свободные атомы эндотермичен. В свою очередь атомарный водород рекомбинирует с выделением энергии 436 кДж/моль. Скорость реакции молизации, протекающей довольно медленно в газовом объеме, значительно увеличивается на поверхности твердых и жидких тел, при этом им передается теплота. При достаточной концентрации атомарного водорода расплывается определенное количество любого металла.

В создание практически пригодных технологий, получивших название газоэлектрической сварки, основной вклад внес П. Александр. К 1925 г. были разработаны способы сварки косвенной дугой неплавящимися электродами в струе водорода — атомно-водородная сварка и сварка плавящимися (металлическим) электродом дугой

прямого действия в смеси водорода с азотом или водорода с оксидом углерода.

К этому времени И. Ленгмюр уже увлекался другими проблемами, но многие его работы все же можно связать и со сваркой.

Важной научной основой для развития дуговой сварки явилось учение об ионизации плазмы. Для характеристики процесса ионизации М. Саха предложил в 1921 г. уравнение. В развитие этого уравнения в 1924 г. И. Ленгмюр вывел формулу для определения степени ионизации паров вещества, испаряющегося с нагретых поверхностей. Он же определил зависимость электрического тока между электродами в вакууме от разности потенциалов между ними, назвав ее законом трех вторых.

Ленгмюр исследовал адсорбцию газов на твердых поверхностях, вывел уравнение изотермы адсорбции. В 1929 г. он первым ввел понятие плазмы и плазменных колебаний.

Ленгмюр был одарен способностью делать открытия, логически разыскивая над наблюдениями и результатами экспериментов, выполненных с помощью несложных приборов. Так, используя таз с водой, на поверхности которой плавали нерастворимые пленки масел, он додумался, как точно определять размеры молекул и группировки молекул в сложных молекулах белка. Позже полученные им данные удалось подтвердить с помощью сложнейших рентгеновских аппаратов и вычислений.

В 1932 г. И. Ленгмюр был удостоен Нобелевской премии по физике «за открытие и исследования в области химических процессов, протекающих на поверхности тел». Среди других фундаментальных открытий и изобретений — модель атома, соответствующая современным представлениям химиков, объяснения природы химической связи, технология создания искусственного дождя и снегопада, конденсационный парорутный вакуумный насос и др.

Выдающийся ученый скончался 16 августа 1957 г. в Фалмуте (штат Массачусетс). Но и теперь, спустя десятки лет, способы, разработанные И. Ленгмюром, применяют в биологии для изучения сложных вирусов, в химии — для изучения гигантских молекул, а также в оптике и других областях научно-технической деятельности человека.

■ #217