

# Информационно-технический журнал Сварщик

Технологии  
Производство  
Сервис





№ 3 (19) 2001

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Журнал выходит 6 раз в год

Издается с апреля 1998 г.

Подписной индекс 22405

<b>Учредители:</b>	Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Государственное внедренческое предприятие «Экотехнология»
<b>Издатель:</b>	ГВП «Экотехнология»
<b>Издание журнала поддерживают:</b>	Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»
 	Журнал издается при содействии Проекта УНР/98/006 «Обмен технологической информацией в Украине для поддержки экономических преобразований» Программы Развития Организации Объединенных Наций
<b>Редакционная коллегия:</b>	В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко Ю. Я. Грецкий, Л. Н. Горбань, В. М. Илюшенко, В. Ф. Квасницкий, Н. М. Кононов, П. А. Косенко, В. Н. Липодаев, А. А. Мазур, В. А. Метлицкий, Я. И. Микитин, Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин, П. П. Проценко, В. Н. Радзиевский, И. А. Рябцев, А. М. Сливинский, Г. М. Шеленков, А. В. Щербак, Я. М. Юзькив
<b>Главный редактор</b>	К. А. Ющенко
<b>Заместители главного редактора:</b>	Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушный
<b>Редакционная группа:</b>	
<b>Литературный редактор</b>	А. Л. Берзина
<b>Ответственный секретарь</b>	Т. Н. Мишина
<b>Реклама:</b>	В. А. Никитенко, Т. Н. Мишина, Н. В. Кильчевский
<b>Компьютерный набор</b>	А. Е. Рублева
<b>Верстка и компьютерная обработка</b>	Т. Д. Пашигорова
<b>Адрес редакции:</b>	03150 Киев, ул. Горького, 62
<b>Телефон:</b>	(044) 268-3523, 227-6502
<b>Факс:</b>	(044) 227-6502
<b>E-mail:</b>	welder@svitonline.com
<b>Http:</b>	//www.enteco.kiev.ua/welder/
<b>Представительство в Беларуси:</b>	Минск, Вячеслав Дмитриевич Сиваков (017) 213-1991, 246-4245
<b>Представительство в России:</b>	Москва, Александр Николаевич Тымчук (095) 921-5985, 928-9546

За достоверность информации и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции. Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Предоставленные 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 25.05.2001. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Бумага офсетная №1. Гарнитура HeliosCondLight. Усл. печ. л. 5,0.

Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 28/05. Тираж 3000 экз.

Печать ООО «Людопринт Украина», 2001

01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39-41, к. 1012-1014. Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Экотехнология», «Сварщик», 2001

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Новости техники и технологии</b> .....	3
<b>Производственный опыт</b>	
■ Мобильный комплекс оборудования для термообработки стыков труб. <i>Е. А. Пантелеймонов</i> .....	6
■ Обоснование применения дуговой сварки при ремонте магистральных трубопроводов под давлением. <i>В. С. Бут, А. В. Щербак</i> .....	8
<b>Общество сварщиков Украины</b>	
■ Подготовка и аттестация судовых сварщиков. <i>В. Е. Гладков</i> .....	11
<b>Практикум сварщика</b>	
■ Термическая обработка сварных соединений. Часть 5. Технология термообработки трубопроводов. Технология термообработки сварных соединений. <i>П. М. Корольков</i> .....	12
<b>Наши консультации</b> .....	26
<b>Охрана труда</b>	
■ Средства защиты органов зрения, лица и головы сварщиков. <i>О. Г. Левченко, В. А. Метлицкий</i> .....	28
<b>По страницам журналов для сварщиков</b>	
■ Промышленные лазеры: принцип работы и возможные области применения. <i>М. Брандт</i> .....	30
■ Мобильный аппарат для лазерной сварки .....	33
■ Светолучевые установки для пайки и сварки. <i>А. Ф. Гордеев</i> .....	33
<b>Конференции и семинары</b>	
■ Проблемы обеспечения изготовителей сварочных электродов сырьевыми материалами. <i>П. В. Игнатченко</i> .....	34
■ ПРОМТЕХЭКСПО-2001 .....	36
■ Научно-практический семинар по электродному производству .....	36
<b>Юбилеи</b>	
■ К 60-летию со дня рождения Г. И. Лещенко .....	37
■ К 60-летию со дня рождения Б. В. Семендяева .....	37
<b>Из истории сварки</b>	
■ Элихью Томсон. <i>А. Н. Корниенко</i> .....	38

# 2001

# Сварщик

Інформаційно-технічний журнал

Технології  
Виробництво  
Сервіс



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

№ 3 (19) 2001

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 3102 від 09.03.98

## Засновники:

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

## Видавець:

ДВП «Екотехнологія»

## Видання журналу підтримують:

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

## Редакційна колегія:

В. М. Бернадський, Ю. К. Бондаренко  
Ю. Я. Грецький, Л. М. Горбань,  
В. М. Ілюшенко, 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. Радзівський,  
І. О. Рябцев, А. М. Сливинський,  
Г. М. Шеленков, О. В. Щербак,  
Я. М. Юзьків

## Головний редактор

К. А. Ющенко

## Заступники головного редактора:

Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушний

## Редакційна група:

### Літературний редактор

Г. Л. Берзіна

### Відповідальний секретар

Т. М. Мішина

### Реклама:

В. А. Нікітенко, Т. М. Мішина,  
М. В. Кільчевський

### Комп'ютерний набір

А. Є. Рубльова

### Верстка та комп'ютерна обробка

Т. Д. Пашигорова

### Адреса редакції:

03150 Київ, вул. Горького, 62

### Телефон:

(044) 268-3523, 227-6502

### Факс:

(044) 227-6502

### E-mail:

welder@svitonline.com

### Http:

//www.enteco.kiev.ua/welder/

### Представництво в Білорусі:

Мінськ, Вячеслав Дмитрович Сіваков  
(017) 213-1991, 246-4245

### Представництво в Росії:

Москва, Олександр Миколайович Тимчук  
(095) 921-5985, 928-9546

За достовірність інформації та реклами відповідальність несуть автори та рекламодавці. 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 посилання на «Сварщик» обов'язкове.

Підписано до друку 25.05.2001. Формат 60×84 1/8. Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура HeliosCondLight. Ум. друк. арк. 5,0. Обл.-вид. арк. 5,2. Зам. № 28/05. Тираж 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопринт Україна», 2001  
01023 Київ, вул. Ш. Руставелі, 39-41, к. 1012-1014. Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Екотехнологія», «Сварщик», 2001

## ЗМІСТ

Новини техніки та технології	3
Виробничий досвід	
■ Мобільний комплекс обладнання для термообробки стиків труб. Є. О. Пантелеймонов	6
■ Обґрунтування застосування дугового зварювання при ремонті магістральних трубопроводів під тиском. В. С. Бут, О. В. Щербак	8
Товариство зварників України	
■ Підготовка і атестація судових зварників. В. Є. Гладков	11
Практикум зварника	
■ Термічна обробка зварних з'єднань. Частина 5. Технологія термообробки трубопроводів. Технологія термообробки зварних з'єднань. П. М. Корольков	12
Наші консультації	26
Охорона праці	
■ Засоби захисту органів зору, обличчя та голови зварників. О. Г. Левченко, В. О. Метлицький	28
По сторінках журналів для зварників	
■ Промислові лазери: принцип роботи і можливі області застосування. М. Брандт	30
■ Мобільний апарат для лазерного зварювання	33
■ Світлопроменеві установки для паяння і зварювання. О. Ф. Гордєєв	33
Конференції та семінари	
■ Проблеми забезпечення виготовлювачів зварювальних електродів сировинними матеріалами. П. В. Ігнатченко	34
■ ПРОМТЕХЕКСПО-2001	36
■ Научно-практичний семінар з електродного виробництва	36
Ювілеї	
■ До 60-річчя з дня народження Г. І. Лашенко	37
■ До 60-річчя з дня народження Б. В. Семендяєва	37
3 історії зварювання	
■ Еліх'ю Томсон. О. М. Корнієнко	38

## CONTENTS

New in Equipment and Technology	3
Industrial experience	
■ Mobile equipment kit for thermal treatment of pipe joints. Ye. Panteleimonov	6
■ Validation of usage of arc welding for repair of header pipelines under pressure. V. Bute, A. Shcherbak	8
Welding society of Ukraine	
■ Training and attestation of ship welders. V. Gladkov	11
Welder's practice	
■ Thermal treatment of welding joints. Part 5. Technology of thermal treatment of pipelines. Technology of thermal treatment of welding joints. P. Korolkov	12
Our consulting	26
Job safety	
■ Means for shielding of eyes, face and head of welder. O. Levchenko, V. Metlitskiy	28
Trip through out the magazines for welders	
■ Industrial lasers: working principles and possible fields of employment. M. Brandt	30
■ Mobile machine for laser welding	33
■ Light-beam devices for brazing and welding. A. Gordeev	33
Conferences and seminars	
■ Problems of provision of welding electrodes manufacturers with raw materials. P. Ignatchenko	34
■ PROMTECHEXPO-2001	36
■ Scientific-practical seminar on electrode manufacturing	36
Jubilees	
■ 60 years from birthday of G. Lashenko	37
■ 60 years from birthday of B. Semendiaev	37
From history of welding	
■ Elihew Thompson. A. Kornienko	38

## Установка для автоматической дуговой сварки колес легковых автомобилей

Предназначена для автоматической дуговой сварки плавящимся электродом прерывистых кольцевых швов нахлесточного соединения обода с диском автомобильных колес диаметром 33–41 см. Сварку осуществляют омедненной проволокой Sv08Г2С диаметром 1,0 мм в трехкомпонентной газовой смеси на основе аргона с добавлением CO<sub>2</sub> (20%) и O<sub>2</sub> (1%). Угловой шов катетом 3–4 мм сваривают в положении «в лодочку» с наклоном оси вращения колеса относительно вертикальной оси на угол 50°. Загрузка и сьем колеса вручную.

В состав установки входят сварочный источник питания ВДГ–303, механизм подачи проволоки, сварочная водоохлаждаемая горелка типа АУТ–501 производства фирмы «Бинцель» (Германия), устройство автономного жидкостного охлаждения горелки, газоаппаратура, сварочный вращатель с комплектом сменных приспособлений для фиксации колес разных типов, механизм подъема–опускания горелки с пневмоприводом и двухкоординатным корректором ее положения, блок управления, пульт оператора, платформа, соединительные кабели и шланги.

### Особенности установки:

- Управление и диагностика состояния всех элементов установки осуществляется от одноплатного контроллера.

- В установке предусмотрена возможность предварительной настройки четырех режимов сварки, что облегчает ее переналадку на сварку колес разных типов.

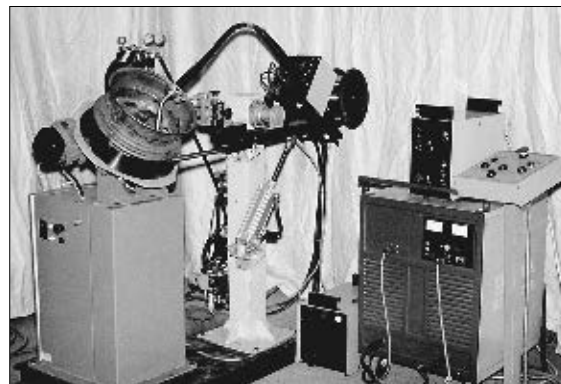
- В установке достигается высокая точность наведения электрода малого диаметра на линию свариваемого соединения при подъеме–опускании сварочной горелки. Эту операцию выполняют без изгиба направляющего канала за счет поворота всех элементов тракта подачи проволоки, включая собственно горелку со шлангом и механизм подачи с катушкой.

- Установка позволяет выполнять сварку как замкнутого кольцевого шва, так и его отдельных участков (до 15) с настройкой длины прерывистых швов и расстояния между ними. При этом зажигание дуги и заварку кратера производят на неподвижном колесе, а его поворот между отдельными участками — на маршевой скорости.

- Вращение планшайбы вращателя осуществляют трехфазным асинхронным двигателем (250 Вт) с тахогенератором и с приводом от частотного преобразователя типа ACS140, что обеспечивает высокие динамические характеристики и стабильность скорости вращателя.

- Сменные части сварочной горелки имеют большой срок годности за счет ее интенсивного жидкостного охлаждения.

- Унификация и модульность отдельных элементов установки позволяют проек-



тировать на их основе специализированное оборудование, ориентированное на другие задачи дуговой сварки.

### Техническая характеристика:

Номинальный сварочный ток при ПВ=60%, А . . . . . 300  
Диаметр сплошной сварочной проволоки, мм . . . . . 0,8–1,2  
Грузоподъемность вращателя, кг . . 100  
Максимальный крутящий момент, Н·м . . . . . 100  
Диаметр свариваемого соединения, мм . . . . . 250–450  
Скорость вращения планшайбы, об/мин . . . . . 0,3–5,0  
Давление воздуха в пневмосистеме, МПа . . . . . 0,3–0,6  
Габаритные размеры, мм . . . . . 3500×2000×2000  
А. В. Магда, А. А. Бориванов, ОАО «Кременчугский колесный завод», С. В. Дубовецкий, С. В. Можаяев, И. А. Фещенко, А. Е. Фролов, Д. В. Плющ, В. И. Малюкин, ООО НВКФ «НАВКО» (Киев)

## Установка для плазменной резки

В Исследовательском Институте сварки (VÚZ — Výskumný Ústav ZvaraĚský, Братислава, Словацкая Республика) разработали и производят новую высокопроизводительную установку для плазменной резки металлов (стали, алюминия, меди, титана и их сплавов) толщиной до 40 мм.

Установка имеет три режима управления: ручное, программное и автоматическое. Система управления осуществляет постоянный мониторинг и автодиагности-

ку узлов установки. На установке достигаются высокие точность и скорость резки. Поверхности резов имеют низкую шероховатость. Система отсоса и фильтрации продуктов горения обеспечивает гигиену труда, соответствующую европейским стандартам. Предусмотрена возможность регенерации фильтрующих элементов.

Технический сервис осуществляет Поставщик в режиме «24 часа».

### Техническая характеристика:

Ширина рабочего стола, мм . . . . . 1500, 2000, 3000  
Длина рабочего стола, мм . . . 3000, 6000, 9000, 12000, 15000



Толщина разрезаемого металла, мм, не более . . . . . 40  
Напряжение питания, В (Гц) . . . . . 230/400 (50) (три фазы)  
Потребляемая мощность, кВт . . . . 30  
Ф. Коленич, VÚZ (Братислава)

## Резаки и горелки для ручной газопламенной обработки металла «НОРД»

Судоремонтный завод «Нерпа» с 1998 г. начал серийный выпуск универсальной газорезательной и газосварочной аппаратуры серии «Норд».

Резаки «НОРД» (рис. 1) предназначены для ручной разделительной кислородной резки низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной до 300 мм. В качестве горючего газа используют ацетилен, пропан, бутан и природный газ.

Принцип действия резака основан на инжекции струи кислорода, поступающего в смеситель, расположенный в головке резака, под значительно большим давлением, чем горючий газ. Благодаря внутрисопловому смешению газов и оптимальной конструкции мундштуков достигается:

- экономия расхода потребляемых газов;
- понижение рабочего давления кислорода при резке;

- устойчивость к обратным ударам пламени;
- малое время (2–4 с) разогрева металла в начале резки;
- высокая частота реза.

Резаки изготавливают трех модификаций по длине: 535, 800 и 1000 мм, а также трех вариантов наклона головки: 0, 70 и 90°.

### Техническая характеристика резаков «НОРД»:

Рабочее давление, МПа:

кислорода . . . . . 0,3–0,75

ацетилена . . . . . 0,10

пропана . . . . . 0,11

Расход газов, м<sup>3</sup>/ч:

кислорода . . . . . 2,5–2,8

ацетилена . . . . . 0,45–1,15

пропана . . . . . 0,36–0,85

Скорость резки, мм/мин . . . . . 80–150

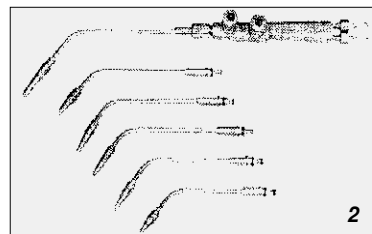
Габаритные размеры, мм . . . . .

535×166×65/ 800×166×65/ 1000×166×65

Масса, кг . . . . . 1,1/ 1,3/ 1,6

Горелки сварочные «Норд» (рис. 2) предназначены для ручной сварки, пайки и нагрева стали и цветных металлов толщиной до 7,0 мм. В качестве горючего газа применяют ацетилен, пропан-бутан и природный газ.

Смеситель горелки выполнен в виде моноблока с калиброванными дюзами



для подачи газов, что позволяет получить оптимальный состав горючей смеси. Внутрисопловое смешение газов и оригинальная конструкция наконечника обеспечивают стойкость к обратным ударам пламени, понижение рабочего давления кислорода и малый расход газов.

### Техническая характеристика горелок «Норд»:

Расход газов, м<sup>3</sup>/ч:

кислорода . . . . . 68–75

ацетилена . . . . . 65–70

пропана . . . . . 25–37

Габаритные размеры, мм:

наконечник 1А (2П) . . . . . 400×82×55

(415×93×55)

наконечник 2А (2П) . . . . . 420×93×55

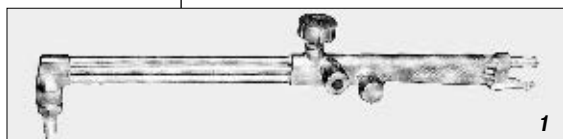
(455×98×55)

наконечник 3А (3П) . . . . . 440×98×55

(495×123×55)

Масса, кг . . . . . 0,56–0,76

СПЗ «НЕРПА» (Снежногорск)



## Сварочный трактор АДФ–1250

Применяют в составе автомата для дуговой сварки плавящимся электродом АДФ–1250. Предназначен для сварки соединений из углеродистых сталей под флюсом встык с разделкой и без разделки кромок, угловых швов наклонным электродом, а также нахлесточных швов. Швы могут быть прямолинейными и кольцевыми. В процессе работы трактор

передвигается по изделию или по уложенной на нем направляющей линейке.

Сварочный трактор комплектуют источником питания ВДУ–1250 и используют вместо трактора TFD1 с выпрямителем LAE–1250 производства фирмы «ESAB».

Сварочный трактор имеет:

- плавную регулировку скорости подачи электродной проволоки (сварочного тока);
- плавную регулировку скорости перемещения тележки (скорости сварки);
- дистанционное включение и плавное регулирование сварочного напряжения;
- регулировку положения сварочной головки:
  - a) вокруг вертикальной оси несущей колонки на угол 90° с фиксацией положения;
  - b) вокруг своей продольной оси на угол 45° с фиксацией положения;
  - v) по вертикали и горизонтали на 50 мм от среднего положения с помощью двух винтовых суппортов;
- перемещение сварочной головки в сборе с блоком управления, бункером и кассетой вдоль несущей колонки с фиксацией положения;

- конструкцию бункера, позволяющую визуально контролировать уровень флюса в нем;
- систему отсасывания остатков флюса в бункер после сварки.

### Техническая характеристика:

Номинальный сварочный ток

при ПВ=100%, А . . . . . 1250

Пределы регулирования

сварочного тока, А . . . . . 250–1250

Диаметр электродной

проволоки, мм . . . . . 3–6

Скорость подачи электродной

проволоки, м/ч . . . . . 20–135

Скорость сварки, м/ч . . . . . 15–190

Межосевое расстояние колес, мм . . . . . 37

Колесная колея, мм . . . . . 290

Вместимость кассеты для проволоки, кг . . . . . 30

Вместимость бункера для флюса, кг . . . . . 10

Габаритные размеры, мм:

длина . . . . . 1350

ширина . . . . . 685

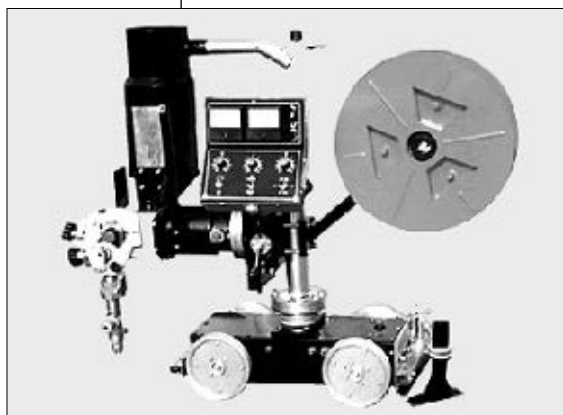
высота . . . . . 915

Масса трактора без электродной

проволоки, кг, не более . . . . . 145

С. И. Гриценко,

ОАО «Фирма СЭЛМА»



## Выпрямитель сварочный ВДУ-1250 УЗ

Предназначен для сварки и наплавки под флюсом изделий из углеродистых и легированных сталей в комплекте со сварочным трактором А6 TFD1 и АДФ 1250 с независимой скоростью подачи проволоки. Выпрямитель тиристорный, регулируемый, имеет жесткую внешнюю характеристику.

### Преимущества ВДУ-1250 УЗ:

- современная высоконадежная элементная база;
- надежное зажигание и устойчивое горение дуги;
- термозащита от перегрузки;
- малое энергопотребление;
- простота обслуживания и ремонта.

### Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В. . . . .	3×380
Частота питающей сети, Гц. . . . .	50
Номинальный сварочный ток при ПВ=100%, А. . . . .	1250
Номинальное рабочее напряжение, В. . . . .	44
Предел регулирования сварочного тока, А. . . . .	250–1250
Первичная мощность, кВ·А, не более. . . . .	120
Первичный ток при номинальной нагрузке, А, не более. . . . .	110
Рабочее напряжение, В. . . . .	24–44
Напряжение холостого хода, В, не более. . . . .	55
Охлаждение. . . . .	Воздушно-принудит.
Коэффициент полезного действия, %, не менее. . . . .	83
Габаритные размеры, мм, не более. . . . .	790×600×1410
Масса, кг, не более. . . . .	520

Фирма «СЭЛМА» (Симферополь)



## Микроплазменная установка МПУ-2Т

Предприятие «Вектор» (Екатеринбург) разработало и освоило производство микроплазменной установки МПУ-2Т (транспортный вариант) для резки низкоуглеродистых и легированных сталей, цветных металлов толщиной до 30 мм, а также сварки сталей постоянным током от 150 до 300 А.

В зависимости от толщины разрезаемого металла устанавливаются три режима работы установки.

### Техническая характеристика:

Напряжение сети, В. . . . .	380
Потребляемый ток, А, не более. . . . .	50
Мощность, кВт, не более. . . . .	20
Расход воздуха, м/ч. . . . .	6–9
Давление воздуха, МПа. . . . .	0,5
Габаритные размеры, мм. . . . .	386×700×815
Масса, кг. . . . .	150
Масса резака, кг. . . . .	0,7



При микроплазменной резке обеспечивается высокое качество реза, незначительный нагрев и малая деформация металла благодаря высокой скорости процесса.

**Е. Е. Юдин,**  
ГУП «Вектор» (Екатеринбург)

## Течеискатель магистрального газа «ГАЗТЕСТ» (модель ГХ-2000 ДП)

Предназначен для быстрого обнаружения утечек природного газа из магистралей, находящихся под землей, без разрытия грунта. Переносной прибор рассчитан на применение в полевых условиях и имеет все возможности лабораторного хроматографа. Идентификация утечки газа достигается измерением основных компонентов магистрального газа. Отбор проб воздуха осуществляют электроаспиратором.

### Особенности прибора:

- оригинальный высокочувствительный адсорбционно-полупроводниковый сенсор;

- встроенный легкозаполняемый баллон с газом-носителем;
- газ-носитель — воздух;
- питание от бортовой сети автомобиля;
- цифровое управление и обработка результатов измерений с помощью ПК.

### Техническая характеристика:

Напряжение питания, В. . . . .	12
Номинальная потребляемая мощность, Вт. . . . .	50
Минимальная определяемая концентрация, ррт. . . . .	0,1 по С <sub>Н</sub> <sub>4</sub>
Время анализа, мин. . . . .	2
Время выхода на режим, мин. . . . .	10
Масса прибора, кг, не более. . . . .	10
Габаритные размеры, мм. . . . .	324×218×211

**Н. П. Максимович,**  
«Комсервис» (Киев)



# Мобильный комплекс оборудования для термообработки стыков труб

Е. А. Пантелеймонов, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

**Т**ермообработку (ТО) сварных соединений рассматривают как обязательный элемент организационно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан мобильный комплекс оборудования МКТ 1420 для выполнения в условиях строительно-монтажной площадки следующих операций:

- ТО горизонтальных или вертикальных сварных соединений труб диаметром до 1420 мм с толщиной стенки до 30 мм;
- устранения намагничивания при сварке трубопроводов с большой толщиной стенки;
- подогрева стыков труб перед сваркой и сопутствующего подогрева непосредственно в процессе сварки.

Указанные операции можно производить одновременно по трем каналам по независимой программе.

При создании комплекса учтены требования ОСТ 36–50–86 «Трубопроводы стальные технологические. Термическая обработка сварных соединений. Типовой технологический процесс» и РТМ–1С–81 «Руководящие технические материалы

по сварке при монтаже оборудования тепловых электростанций», определяющих основные положения проведения ТО сварных соединений стальных технологических трубопроводов, работающих под давлением до 250 МПа.

Поскольку при строительстве трубопроводов преимущественно применяют перлитные стали и рекомендуемым видом ТО является высокий отпуск, определены следующие предельные параметры режимов ТО, реализуемые оборудованием комплекса:

- максимальная температура нагрева металла шва и зоны термического влияния 750 °С;
- максимальная скорость нагрева 650 °С/ч;
- контролируемое охлаждение сварных соединений до температуры 300 °С;
- максимальная продолжительность контролируемого цикла 8 ч;
- отклонение температуры от заданной в течение контролируемого цикла ±20 °С.

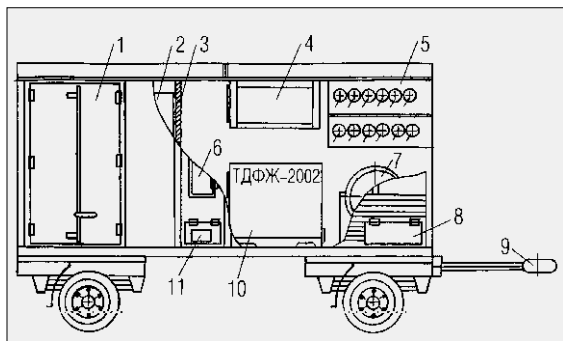
Такие параметры обеспечивают гибкие (ГЭН) или комбинированные (КЭН) электронагреватели сопротивления. В комплексе МКТ 1420 источниками питания электронагревателей являются однофазные однопостовые трансформаторы типа ТДФЖ–2002 с фазовым регулированием напряжения со стороны первичной обмотки. Данные трансформаторы с номинальным вторичным током 600–2000 А при ПВ=100% и максимальным напряжением холостого хода 120 В предназначены для проведения ТО сварных соединений труб диаметром более 480 мм и тройников 1420×30+1420×30 мм. Конструкцией комплекса предусмотрена возможность достаточно простой замены трансформаторов на менее мощные при необходимости проведения ТО сварных соединений труб диаметром менее 480 мм, что соответствует диапазону вторичных токов трансформаторов менее 600 А.

Оборудование комплекса смонтировано на крытом прицепе с устройством буксировки на жесткой сцепке (рис. 1). В переднем, трансформаторном, отсеке комплекса расположены три трансформатора ТДФЖ–2002; силовой шкаф с аппаратурой коммутации силовых цепей и цепей управления; накопители силовых кабелей для подключения электронагревателей к трансформаторам, обеспечивающие удаление комплекса от стыка трубопровода на расстояние до 20 м; двенадцать касет термоэлектродных удлиняющих проводов для подключения термоэлектрических преобразователей; конденсаторная батарея для повышения cosφ трансформаторов; блок подачи питания от основного и вспомогательного блоков передвижной электростанции; блок контроля изоляции.

Боковые стенки укрытия трансформаторного отсека имеют люки, обеспечивающие свободный доступ воздуха для функционирования принудительной воздушной вентиляции трансформаторов, и люк для подключения кабелей питания от передвижной электростанции. В операторском, утепленном, отсеке комплекса находятся рабочее место оператора-термиста, пульт управления работой оборудования комплекса и тепло-вентиляционная установка для обогрева отсека. Часть отсека отведена под складское отделение, в котором размещают набор электронагревателей, тепло-изоляционные маты и материалы, инструменты и принадлежности, кабель и запасные части. Доступ в складское отделение с наружной стороны комплекса.

Особое внимание уделено техническим мероприятиям по обеспечению безопасного обслуживания комплекса. К ним относятся применение автоматических выключающих устройств в силовых цепях каждого канала нагрева и в цепях управления, постоянный контроль сопротивления изоляции силовых цепей и цепей управления, применение уст-

**Рис. 1. Схема размещения оборудования комплекса МКТ 1420: 1 — складское отделение; 2 — пульт управления; 3 — перегородка операторского отсека с дверью; 4 — силовой шкаф; 5 — касеты удлиняющих проводов ТП; 6 — вентиляционные люки; 7 — накопители силовых кабелей; 8 — блок подачи питания; 9 — сцепка; 10 — три трансформатора ТДФЖ–2002; 11 — панель контроля изоляции**



ройств быстродействующего защитного отключения, подключение корпуса комплекса отдельным кабелем к заземляющему устройству передвижной электростанции. Изоляцию силовых цепей и цепей управления контролируют двумя приборами типа Ф4106, которые вместе с релейной аппаратурой, звуковой и световой сигнализацией объединены в блок контроля изоляции (БКИ). Периодическая проверка исправности приборов осуществляется с панели БКИ, расположенной на внешней боковой стенке укрытия комплекса. Это исключает возможность нахождения оператора-термиста внутри комплекса при искусственном уменьшении сопротивления изоляции электрических цепей относительно корпуса.

Для комплекса характерны следующие принципы построения:

- применение единой элементной базы и схемных решений для каждого канала нагрева;
- формирование электросхемы по блочному принципу в зависимости от функционального назначения элементов;
- использование регулирующих устройств, характеризующихся возможностью изменения алгоритмов управления при коррекции циклов ТО сварных соединений труб различного диаметра;
- применение индикаторных устройств, отображающих факт включения функциональных элементов схемы, фактические значения электрических параметров источников питания электронагревателей, а также заданные и полученные значения технологических параметров процесса ТО (температура, время).

На рис. 2 показана обобщенная функциональная схема комплекса. Напряжение трехфазной сети с нулем от основного блока передвижной электростанции ПЭ поступает в блок подачи питания БПП комплекса, отсюда разветвляется по силовым цепям каналов нагрева I-III. Напряжение от вспомогательного блока ПЭ используют для питания цепей управления ЦУ. Защиту и коммутацию цепей выполняют автоматические выключатели QF с независимыми расцепителями и силовыми контакторами Q. Выбор режима управления «ручной-автоматический» источниками питания Т электронагревателей ЕК осуществляется

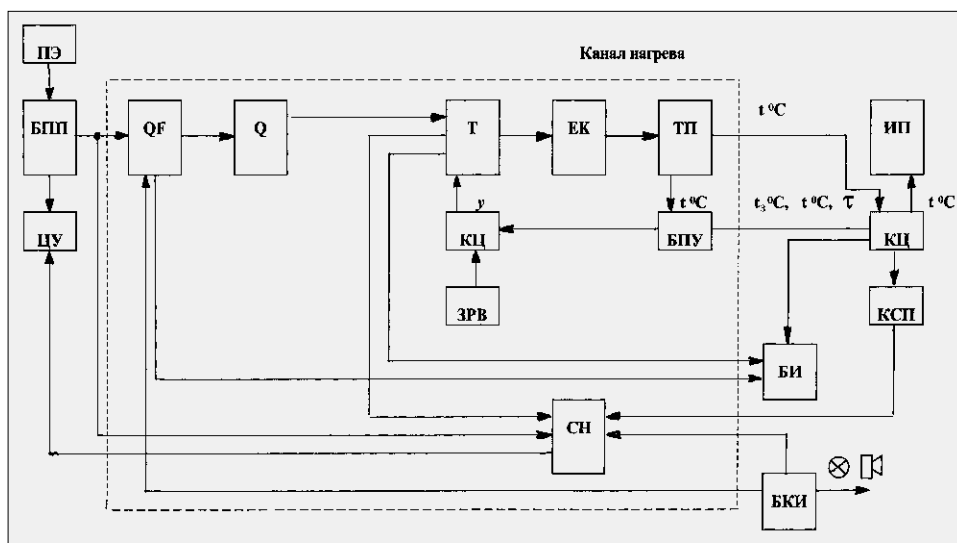


Рис. 2. Функциональная схема комплекса MKT 1420

коммутаторами цепей КЦ. В режиме ручного управления процессом ТО сигнал управления  $y$  формируется задатчиком регулирующего воздействия ЗРВ. В режиме автоматического управления блоком программного управления БПУ решаются следующие задачи:

- программирование циклов нагрева, выдержки и охлаждения сварных соединений в координатах температура-время;
- формирование сигналов, пропорциональных заданному значению температуры сварных соединений в функции времени;
- формирование регулирующего воздействия по ПИД-закону регулирования;
- компенсация влияния изменения температуры свободных концов термопреобразователей;
- индикация заданного  $t_3, ^\circ\text{C}$ , текущего  $t, ^\circ\text{C}$  значений температуры сварных соединений и времени  $\tau$  процесса ТО. Измерение температуры сварных соединений осуществляется хромель-алюмелевыми термоэлектрическими преобразователями ТП ТХА-0806 или ТХА-0279 (по 4 шт. на сварное соединение). Сигналы от ТП используют в БПУ для регулирования процессов ТО, записи температуры с помощью трехканального прибора автоматического следящего уравнивания КСП4-005 и визуального контроля температуры по показаниям измерительного прибора ИП милливольтметра Ш4501.

В схему каждого из каналов нагрева введены сигнализаторы неисправностей

СН, функции которых заключаются в следующем:

- выдаче визуальной информации о виде и месте появления неисправностей, таких как наличие напряжения основного блока передвижной электростанции, факт срабатывания автоматических выключателей силовых цепей, неисправность контакторов, отказ вентиляции трансформаторов, нарушение изоляции силовых цепей, контроль включения протяжки ленты КСП и т. д.;
- выдаче разрешающего сигнала на проведение ТО после устранения неисправностей.

Мобильный комплекс оборудования MKT 1420 может быть использован при сварочно-монтажных работах и ТО стыков промышленных нефтегазопроводов и трубопроводов, транспортирующих сероводородосодержащие среды, одновременной групповой ТО сварных соединений трубопроводов до трех типоразмеров по индивидуальной программе, ремонте сварных соединений сложной формы, в частности тройниковых сварных соединений трубопроводов из теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей, подогреве кромок для сварки и ТО сварных соединений паропроводов АЭС и ТЭС в цеховых и полевых условиях. Применяя гибкие проволочные нагреватели сопротивления, с помощью комплекса можно термообработать сварные соединения трубопроводов из аустенитных коррозионно-стойких сталей. ■ #107

# Обоснование применения дуговой сварки при ремонте магистральных трубопроводов под давлением

В. С. Бут, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, А. В. Щербак, инж., ДК «Укртрансгаз» (Киев)

Сегодня ни у кого не вызывает сомнения экономическая и экологическая целесообразность выполнения ремонтных работ на магистральных трубопроводах без остановки транспорта продукта. Основными из них являются восстановление несущей способности линейной части трубопроводов с коррозионно-механическими повреждениями и присоединение ответвлений. При этом применение дуговой сварки на действующем трубопроводе имеет свои особенности, которые требуют новых технологических решений.

В связи со снижением прочности металла при локальном разогреве дугой экспериментально и теоретически установлены условия сохранения несущей способности трубы в процессе сварки. Получены расчетные и графические зависимости для определения допустимой протяженности зоны разогрева стенки труб различного диаметра при сварке вдоль образующей и обоснованы безопасные условия сварки по окружности.

Экспериментальные данные, полученные при сварке на сосудах под гидравлическим давлением, показывают (табл. 1), что даже при незначительном тепловложении (3,74 кДж/см) тонкостенные оболочки разрушаются при сварке вдоль образующей трубы. При сварке по окружности допустимое тепловложение несколько выше, а предварительное бандажирование участка сварки значительно расширяет этот диапазон.

На рис. 1 показаны условия разрушения трубы внутренним давлением при сварке вдоль образующей, связанные с параметрами зоны разогрева ее стенки. Расчетные данные получены по критериям механики разрушения, когда за условный дефект принимается зона

разогрева металла до 720 °С (при значениях прочностных характеристик металла, близких к нулю). Видно, что с уменьшением диаметра трубы критические размеры этой зоны сокращаются, что свидетельствует о высокой опасности сварочных работ.

С учетом положительного эффекта предварительного бандажирования численным методом были определены безопасные условия сварки по окружности. Решение нестационарной задачи теплопроводности с учетом конвективного теплообмена на внутренней поверхности трубопровода осуществляли по программе, разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона под руководством академика НАНУ В. И. Махненко. Результаты расчетов приведены в виде графических зависимостей разрушающих давлений от толщины стенки трубы для нефтепроводов (рис. 2, а) и газопроводов (рис. 2, б) при различных условиях теплообмена и режимах сварки. Видно, что дуговую сварку на токах 90–100 А можно выполнять на трубопроводах под давлением до 10,0 МПа при условии, что реальная толщина стенки в зоне сварки превышает 5 мм. Увеличение интенсивности теплоотвода (кривая 1) приводит к

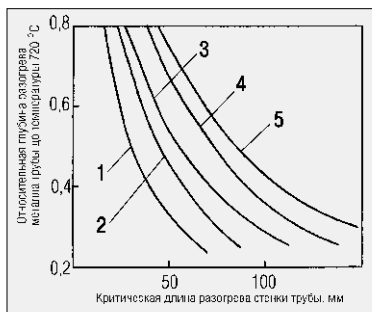


Рис. 1. Критические размеры зоны разогрева металла до 720 °С для труб с различными геометрическими параметрами, мм: 1 – 325×8; 2 – 530×9; 3 – 720×9; 4 – 1020×12; 5 – 1220×14

Рис. 2. Зависимость разрушающего давления Р от толщины t стенки трубы при сварке по окружности нефтепровода (1, 3 – скорость транспортировки нефти 6 м/с; 2, 4 – скорость транспортировки нефти 2 м/с) и газопровода (1, 3 – скорость транспортировки газа 20 м/с; 2, 4 – скорость транспортировки газа 6 м/с; 1, 2 – ток сварки 90 А; 3, 4 – ток сварки 140 А)

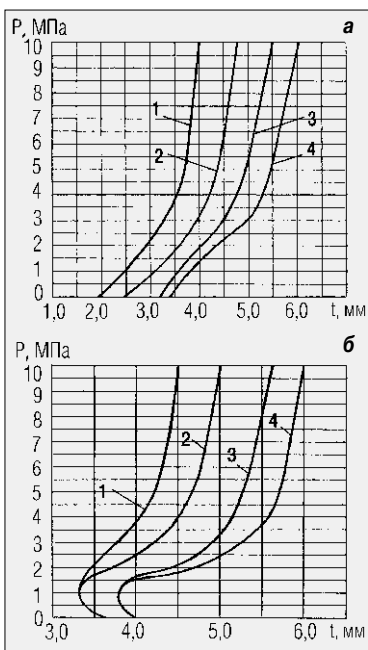


Таблица 1. Условия разрушения трубы внутренним давлением при дуговой сварке

Диаметр трубы, мм	Толщина стенки, мм	Внутреннее давление, МПа	Соотношение $\sigma_b/\sigma_T$ , %	Направление сварки	Погонная энергия, кДж/см
320	3,0	4,0	0,85	По образующей	3,74
320	3,0	4,0	0,85	По окружности	4,75
320	3,0	3,0	0,04	По образующей	4,75
320	3,0	3,0	0,64	По окружности	5,05
325	8,0	12,0	0,76	По образующей	13,80
325	8,0	11,0	0,70	По образующей	15,60
325	8,0	9,0	0,57	По образующей	18,10
320	3,0	4,0	0,85	По окружности (с бандажами)	9,15



снижению требований к допустимой толщине стенки трубы. При сварке на газопроводе в интервале давлений 0,1–2,0 МПа наблюдается отклонение в пропорциональности зависимости разрушающего давления от толщины стенки (см. рис. 2, б). В этом случае коэффициент (условия) теплоотдачи оказывает большее влияние на пластическую неустойчивость непроплавленной части стенки, нежели уровень внутреннего давления. При больших значениях давления лидирующую роль играет уже распределенная нагрузка на указанную перемычку.

Как показали исследования, при сварке на трубопроводе, предварительно усиленном бандажами, опасность его разрушения внутренним давлением вследствие чрезмерного локального разогрева металла стенки сварочной дугой значительно снижается. При этом диапазон допустимых тепловложений при сварке нахлесточно-стыковых соединений имеет более широкие пределы, чем просто при наплавке или выполнении угловых швов, что в свою очередь позволяет регулировать параметрами и свойствами зоны термического влияния. В связи с изложенным повышается безопасность проведения сварочных работ на трубопроводе под давлением и надежность полученных соединений при эксплуатации.

Все вышесказанное позволило предложить новый конструктивно-технологический подход к выполнению сварочных работ на действующих трубопроводах с применением нахлесточно-стыковых соединений, обеспечивающих безопасность дуговой сварки на трубах с толщиной стенки не менее

5 мм и внутренним давлением до 7,5 МПа. В качестве примера на рис. 3 показана технологическая схема соединения усиливающей герметичной муфты с трубопроводом на участке, поврежденном коррозией. Продольные швы муфты и дополнительных колец выполняются на подкладке, не касаясь стенки трубопровода. Для герметизирующих кольцевых швов обязательным условием является сплавление трех элементов по технологии, обеспечивающей нормализацию участка крупного зерна (исключая образование закалочных структур) в ЗТВ стенки трубопровода.

С целью оценки служебных свойств нахлесточных сварных соединений нового типа были проведены испытания образцов-имитаторов с различным конструктивным оформлением (рис. 4) при статическом и циклическом нагружении. Установлено, что для сварных соединений, выполненных по предложенной новой схеме, напряжение среза и сопротивление изгибу значительно выше, чем для традиционных соединений с угловыми швами (табл. 2).

Механические свойства и ударная вязкость металла швов, полученных при различных условиях охлаждения, соответствует нормативным требованиям (табл. 3).

На рис. 5 показано, что переход от соединений с угловым швом к нахлесточно-стыковым повышает предел выносливости сварного узла в случае повторно-статического нагружения более, чем на 50%. Это объясняется снижением уровня напряжений в зоне сплавления шва со стенкой трубы за счет локального ограничения изгибных деформаций нагружаемого элемента.

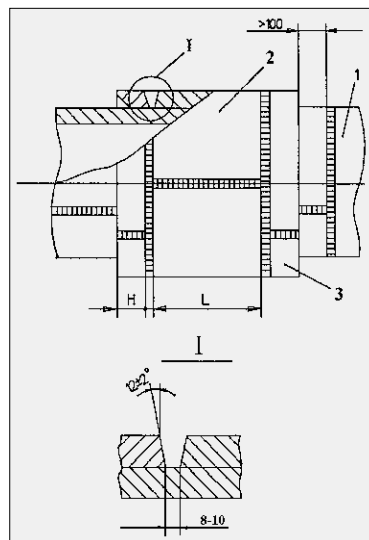


Рис. 3. Технологическая схема применения усиливающих муфт с дополнительными кольцами на поврежденных участках трубопровода: 1 — трубопровод; 2 — герметичная муфта; 3 — дополнительное технологическое кольцо

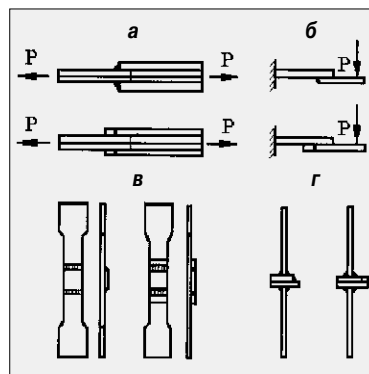


Рис. 4. Образцы для оценки служебных свойств нахлесточных сварных соединений с различным конструктивным оформлением: а — одноосное растяжение; б — испытание на изгиб; в — циклическое нагружение (растяжение); г — малоцикловое внеосевое нагружение

Таблица 2. Сопротивляемость разрушению сварных соединений с различным конструктивным оформлением при действии срезающих и изгибающих усилий

Тип сварного соединения	Напряжение среза, МПа	Изгибающий момент, Н·м
Нахлесточное с угловым швом	450–500	585–600
Нахлесточно-стыковое	500–620	1040–1090

Примечание. Приведены результаты испытаний не менее 5 образцов.

Таблица 3. Механические свойства и ударная вязкость металла шва нахлесточно-стыковых сварных соединений стали типа 17Г1С

Условия сварки	Толщина свариваемых элементов, мм	Сварочные материалы	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С
Скорость охлаждения 18°С/с (температура предварительного подогрева 150°С)	14+14 14	УОНИ–13/55	444	581	26,7	60,1	116 85
Скорость охлаждения 85°С/с (принудительное охлаждение)	14+14 14	УОНИ–13/55	512	630	18,2	57,3	58 36
Скорость охлаждения 85°С/с (нормализация)	14+14 14	УОНИ–13/55	420	565	28,1	63,2	132 91

Примечание. Приведены минимальные значения результатов механических испытаний сварных образцов.

## Обоснование применения дуговой сварки при ремонте магистральных трубопроводов под давлением

Немаловажное значение при осевом сдвиге имеют контактные давления между трубопроводом и усиливающими конструктивными элементами, вызываемые сваркой и повышением внутреннего давления до рабочего. От их величины зависит запас прочности кольцевых

швов нахлесточно-стыковых соединений, работающих на срез при воздействии осевых нагрузок. Сопротивление осевому сдвигу при механическом обжатии муфты (рис. 6, а) составляет всего 6,5% от сопротивления срезу кольцевого шва (рис. 7, а). В случае сварки продольных стыков это сопротивление повышается до 17% при последовательном выполнении швов (рис. 7, б) и до 21% (рис. 7, в) — при одновременном (рис. 6, в). Наложение дополнительных кольцевых швов на муфту (рис. 6, г) позволяет повысить сопротивление сдвигу до 33% от величины усилий, срезающих кольцевой шов сплавления с трубой шириной 6 мм (рис. 6, д).

В качестве примера применения разработанных в ИЭС им. Е. О. Патона технологических рекомендаций по использованию дуговой сварки на действующих трубопроводах можно привести ремонт дефектных стыков магистрального газопровода «Союз» на участке КС «Богородчань»—КС «Хуст» трубы диаметром 1400 мм из стали Х70 при внутреннем давлении 3,96 МПа в сложных горных условиях (рис. 8), а также врезку отвода Ду200 в магистральный газопровод Ду1400 под давлением 6,1 МПа на линейном участке УМГ «Черкасытрансгаз».

Суммарный экономический эффект за счет только сэкономленного газа составил 3,5 млн. грн.

Следует отметить, что персонал, который был задействован для выполнения ремонтно-восстановительных работ на газопроводе под давлением, прошел теоретическое обучение. Практические навыки приобретали на образцах и макетах. Сварщики также прошли дополнительное обучение и переаттестацию по программе, разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона.

В настоящее время официальный статус получила Инструкция по применению дуговой сварки при ремонте газопроводов под давлением, согласованная с Госнадзоромтруда.

Выполненные работы по усилению дефектных стыков магистрального газопровода и врезке отвода подтвердили экономическую целесообразность, надежность, мобильность и безопасность дуговой сварки с применением нахлесточно-стыковых соединений в экстремальных условиях. ■ #108

Рис. 5. Кривые сопротивления усталости при циклическом (а) и повторно-статическом (б) нагружении: 1 — соединения с угловым швом; 2 — нахлесточно-стыковые соединения

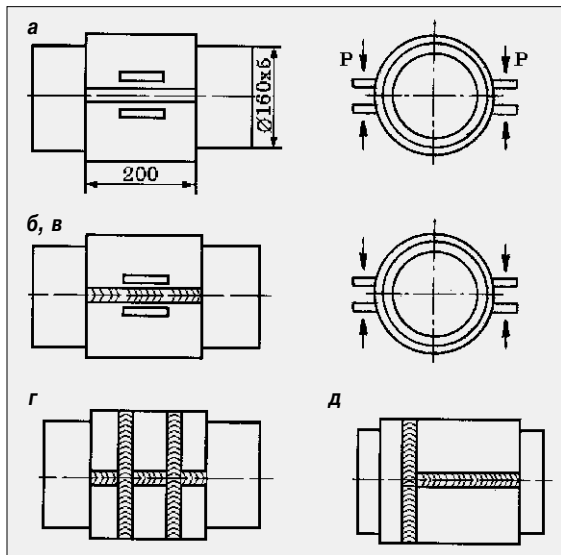
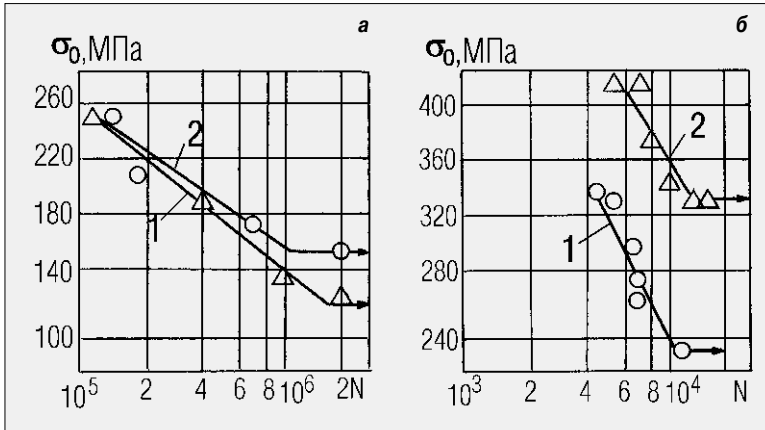


Рис. 6. Схемы сборки и сварки моделей бандажного соединения



Рис. 8. Ремонт дефектного стыка на действующем магистральном газопроводе «Союз» Ду1400: а — сборка нахлесточно-стыковых соединений; б — внешний вид усиливающей двухслойной муфты

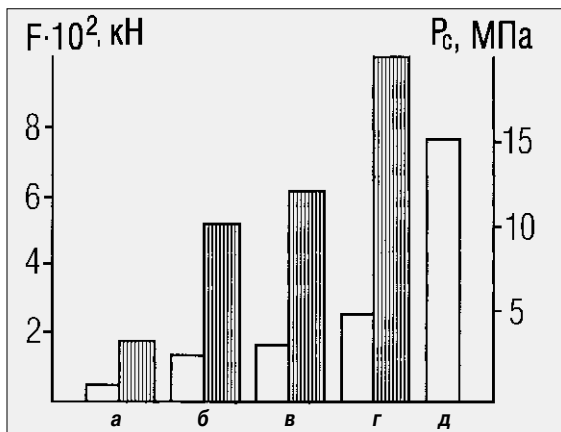


Рис. 7. Контактные давления  $P_c$  (заштрихованные участки) и усилия  $F$  при осевом сдвиге в зависимости от технологии сборки и сварки бандажа на трубе: а, б, в, г, д — модели бандажных соединений (см. рис. 6)

# Подготовка и аттестация судовых сварщиков

*В. Е. Гладков, директор, Одесский инженерно-аттестационный центр «Прометей» Общества сварщиков Украины*

**В** современных условиях эксплуатация судна в море во многом зависит от знаний, квалификации тех, кто выполняет профилактические и ремонтные работы, требующие наряду с другими навыками владения сваркой.

На борту судна за спиной у сварщика не стоит мастер или технолог по сварке, поэтому при возникновении ситуации, требующей применения сварки, наплавки или резки, технические решения ему приходится принимать самостоятельно, а также вести пооперационный контроль качества выполнения технологических операций ремонтных работ. Следовательно, ответственность за правильное и качественное выполнение ремонтных работ возрастает, что естественно требует соответствующей квалификации. Какое же сегодня уровень квалификации украинских судовых сварщиков? И кто занимается аттестацией судовых сварщиков?

Плавсостав морских судов всех специальностей периодически проходит аттестацию. В Одессе аттестацией и сертификацией плавсостава занимаются Центр подготовки и аттестации плавсостава и Одесский морской тренажерный центр. Не стоит в стороне от этого процесса и Общество сварщиков Украины. Коллективное предприятие Общества сварщиков Украины — Одесский ИАЦ «Прометей» на договорной основе с Одесским морским тренажерным центром уже в течение двух лет проводит подготовку и аттестацию плавсостава морских судов по специальности «судовой сварщик».

Процедура подготовки и аттестации судовых сварщиков одобрена Классификационным Обществом Det Norske Veritas и предусматривает подготовку, проверку знаний и практических навыков по базовому курсу, включающему элект-

родуговую сварку покрытым электродом корпусных конструкций и судовых трубопроводов, газовую сварку и резку металлов, а также по специальным курсам: электродуговая сварка деталей машин и механизмов и электродуговая сварка судовых котлов и сосудов под давлением.

Четырехнедельный базовый курс подготовки рассчитан на то, чтобы дать обучающимся основы сварки плавлением, знания об основных (судоостроительных) и сварочных материалах, о правильной технике сварки и резки металлов, о технических требованиях, в т. ч. предъявляемых ведущими Классификационными Обществами (Germanischer Lloyd, Det Norske Veritas, Российским Морским Регистром Судоходства и др.), и технологических процессах, без которых нельзя обойтись при повседневной работе на борту судна. Акцент делается на изучение тех процессов и расходных материалов, которые могут быть использованы на судах.

Курс проводят по специальной программе. Он охватывает все аспекты ремонтных и профилактических работ с использованием сварки и кислородной резки на борту судна. При проведении теоретической части курса преподаватели особое внимание уделяют связи рассматриваемых вопросов с реальными ситуациями и работами, выполняемыми на морском судне. В процессе практической подготовки обучающиеся под руководством опытных инструкторов отрабатывают навыки и технику ручной электродуговой сварки элементов металлоконструкций и трубопроводов, газовой сварки и резки металлов с использованием оборудования фирм «Kemppi», «Lincoln Electric», «Fronius, Unitor», «Harris». Кроме того, большое внимание уделяют вопросам правильного обращения со сварочным оборудованием, чтобы сократить риск несчастных случаев или возникновения пожара на судне.

По окончании курса обучающихся тестируют, они выполняют также сварку контрольных образцов. Тест, включающий вопросы по программе подготовки судовых сварщиков, считается сданным, если правильных ответов будет не менее 70%. Результаты испытаний сварных контроль-

ных образцов (P/BW, T/BW) фиксируют согласно классификационным кодам ISO 9606-1 «Approval testing of welders — Fusion welding» и определяют уровень практических навыков сварщиков.

Сварщикам, прошедшим подготовку и успешно сдавшим экзамены (тесты) по теоретической и практической части, выдают сертификат судового сварщика. Учитывая разный уровень квалификации каждого сварщика, сертификат судового сварщика предусматривает несколько полей допуска к сварочным работам на борту судна, каждый из которых также фиксирует уровень практических навыков согласно международным стандартам. Это позволяет морским агентствам и представителям судовладельцев легко оценить возможности специалиста при найме его на работу.

В рамках переподготовки и повышения квалификации ОИАЦ «Прометей» проводит первичную аттестацию береговых сварщиков на право получения сертификата судового сварщика, а также периодическую (каждые два года) аттестацию действующих судовых сварщиков. Анализ входного контроля знаний и умений претендентов на сертификат судового сварщика из числа береговых сварщиков или сварщиков плавсостава показал, что значительная их часть может успешно пройти тесты и испытания только после подготовки по программе базового курса. Особенно слабые знания о металлах и их основных характеристиках, о сварочных материалах, их идентификации по ISO или EN, о правильном выборе электродов, поставляемых на суда иностранными фирмами Unitor, Aerlicon, Esab и др., о технических требованиях и технологических особенностях выполнения ремонтных работ (заварка трещин, постановка дублеров, выполнение вырезов и вварка заделок, наплавка деталей и прочих). Это во многих случаях является причиной неудовлетворительного качества ремонтных работ, не отвечающего требованиям сурвейеров Классификационных Обществ, и как следствие, повторного выполнения работ специалистами более высокой квалификации. Поэтому теоретическая подготовка необходима



(Окончание на стр. 32) ►

## Промышленные лазеры: принцип работы и возможные области применения

расположения, а также от времени обработки зависит, какое количество энергии может получить обрабатываемая деталь и как эта энергия распределится в объеме обрабатываемой детали. Длина волны лазерного излучения — главный фактор в определении применимости лазера для того или иного процесса. Поглощения энергии и нагрева не будет, если длина волны лазерного излучения выбрана неправильно. Угол падения луча на обрабатываемую поверхность и его поляризационные характеристики определяют, какое количество лазерного излучения будет отражено от обрабатываемой поверхности.

Свойства материала, которые влияют на легкость и быстроту лазерной обработки, показаны на рис. 6. Отражательная способность поверхности диктует наиболее подходящую длину волны лазера, которую нужно использовать. Отражательная способность металлов уменьшается с уменьшением длины волны, поэтому эффективность нагрева металлов увеличивается при использовании лазера с меньшей длиной волны. Следовательно, обработка металлов с использованием Nd:YAG-лазера, имеющего меньшую длину волны, более эффективна в сравнении с обработкой CO<sub>2</sub>-лазером, имеющим большую длину волны. Отражательная способность неметаллов, наоборот, уменьшается с увеличением длины волны, и в этом случае предпочтительнее использовать CO<sub>2</sub>-лазер. При

обработке металлов отражательная способность — функция множества переменных, включая чистоту обработки и степень окисленности поверхности. Грубо обработанные или окисленные поверхности имеют более низкую отражательную способность и, следовательно, способствуют поглощению энергии. Чистота поверхности может изменять отражательную способность поверхности на 50%. Следует отметить, что окисление поверхности металла не всегда выгодно, потому что оксид может иметь температуру плавления намного выше, чем сам металл. Например, оксид алюминия значительно снижает эффективность обработки алюминиевых поверхностей.

Отражательная способность металлических поверхностей уменьшается с увеличением температуры, что способствует поглощению энергии обрабатываемой поверхностью. Для преодоления начальной отражательной способности металла требуются лазеры с выходной мощностью по крайней мере в несколько сотен ватт. Обычно, чтобы увеличить производительность и понизить издержки производства, используют лазеры с выходной мощностью более киловатта. Напротив, поскольку большинство неметаллов хорошо поглощают излучение CO<sub>2</sub>-лазеров, для их обработки можно использовать лазеры мощностью в несколько сотен ватт.

Распространение теплоты в материале определяется его теплоемкостью и теплопроводностью. От этих показателей зависит как быстро и на какую глубину прогреется обрабатываемый материал, и сама высокая теплопроводность в совокупности с большой отражательной способностью значительно затрудняют лазерную обработку меди и алюминия.

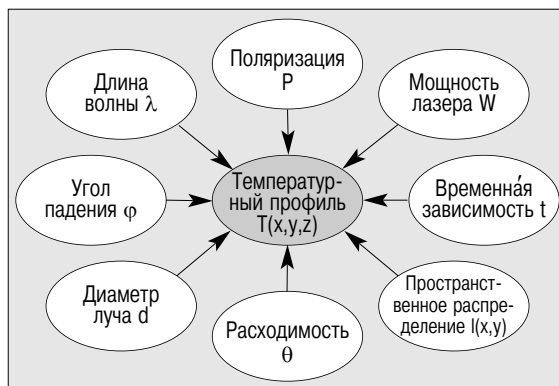
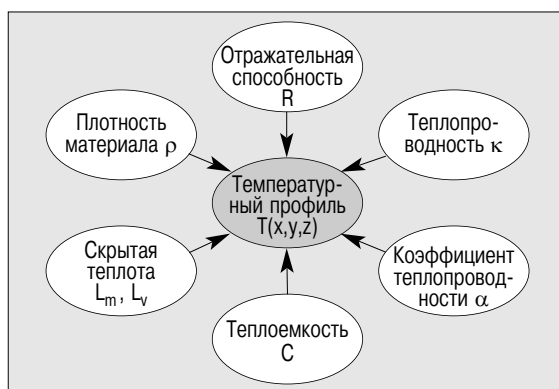


Рис. 5. Параметры лазерного луча, влияющие на температуру поверхности и ее распределение



В настоящее время лазер быстро становится промышленным инструментом для резки, сварки, сверления и поверхностной обработки материалов. При надлежащем понимании характеристик и возможностей лазеров промышленность может все шире использовать эту чистую и эффективную технологию. В комбинации с роботами и другими автоматизированными системами применение лазеров в автомобильной, электронной и других отраслях промышленности будет расширяться.

Рис. 6. Свойства материала, влияющие на лазерную обработку

■ # 112

## Подготовка и аттестация судовых сварщиков

(Окончание. Начало на стр. 11)

даже тем сварщикам, которые имеют практические навыки сварки и резки металлов.

По результатам проверки практических навыков у более 500 сварщиков установлено, что удовлетворительно выполнить электродуговую сварку (РДЭ-111) стыковых соединений пластин толщиной 10 мм могут в нижнем положении (РА) 25% сварщиков, в вертикальном (РФ) — 35%

или в горизонтальном (РС) — 10%, в вертикальном и горизонтальном (РФ, РС) — 25% и в потолочном положении (РЕ) — 5%. При электродуговой сварке покрытым электродом, а также при газовой сварке (ГС-311) стыковых соединений труб подавляющее большинство сварщиков аттестуют только по сварке поворотных трубопроводов (РА) — 90%. На практике значительную часть ремонтируемых судовых трубопроводов приходится сваривать в неповоротных положениях, а к этому многие судовые сварщики еще не готовы.

С учетом современных требований к знаниям судового сварщика и к качеству

сварных соединений уровень подготовки сварщиков необходимо повышать, как и повышать требования, дающие право на получение сертификата судового сварщика. Это позволит потеснить конкурентов на мировом рынке рабочей силы и услуг.

Поэтому задача как штатных сотрудников ОИАЦ «Прометей», так и привлекаемых к процессу подготовки и аттестации сварщиков преподавателей и инструкторов из числа членов Общества сварщиков Украины состоит в совершенствовании процесса подготовки и аттестации судовых сварщиков и расширении объема предоставляемых услуг.

■ # 109

# Термическая обработка сварных соединений

## Часть 5. Технология термообработки трубопроводов \*

### Технология термообработки сварных соединений

П. М. Корольков, ОАО «ВНИИМонтажспецстрой» (Москва)

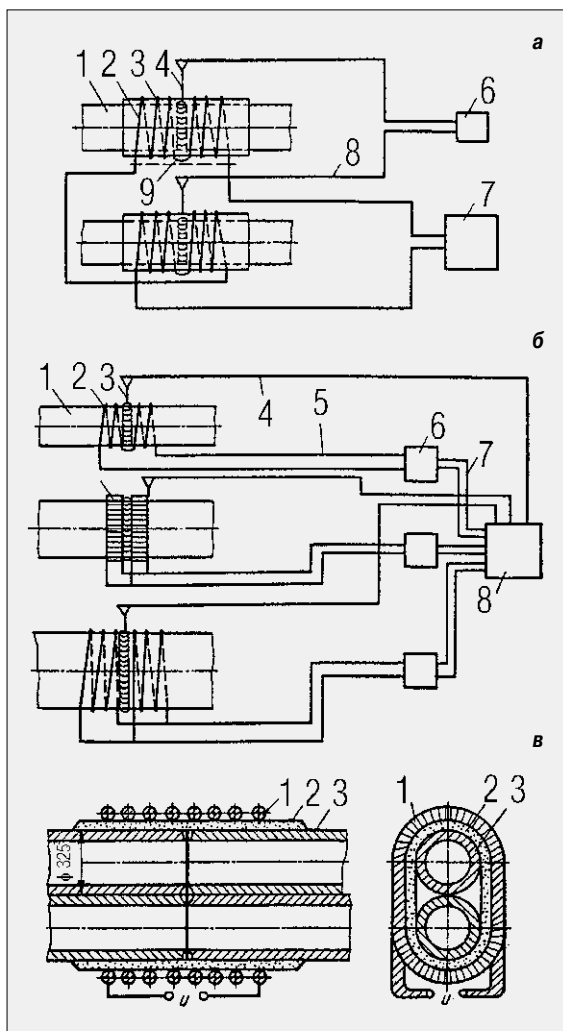
**К** особым случаям применения термообработки следует отнести: групповую термообработку сварных соединений трубопроводов, термообработку сварных соединений повышенной трудности (сложной геометрической формы), сварных соединений трубопроводов больших диаметров и с большими толщинами стенок, сварных соединений из аустенитных коррозионно-стойких (нержавеющих), восстановительную термообработку, термообработку с увеличенным временем выдержки, повторную термообработку, местную термообработку сварных соединений корпусных конструкций.

**Групповая термообработка сварных соединений.** Групповой термообработкой называют такие технологические операции, при которых группу сварных соединений (одинакового или разного типоразмера) одновременно подвергают термообработке с использованием одного источника питания или одной установки для термообработки. Групповую термообработку выполняют по двум технологиям: одновременный нагрев нескольких сварных соединений одинакового типоразмера, термообрабатываемых по одному режиму с использованием одного источника питания (рис. 1, а), одновременный нагрев нескольких сварных соединений разных типоразмеров, термообрабатываемых по одинаковым или разным режимам с использованием различных электронагревателей и нескольких источников питания от одной установки для термообработки (рис. 1, б).

Групповую термообработку выполняют с использованием только электрических

методов нагрева (сопротивлением, комбинированным, индукционным). При подборе сварных соединений для групповой термообработки необходимо, чтобы расстояние между ними было как можно меньшим, это повышает эффективность нагрева. Выбор количества сварных соединений, подвергаемых групповой термообработке, зависит от их размеров, расстояний между ними, а также от электрических параметров (мощности, напряжения и тока) источника питания, который должен компенсировать потери мощности и напряжения на всех участках цепи группового нагрева. При групповом нагреве индукторы соединяют последовательно, а электронагреватели ГЭН и КЭН, как правило, параллельно. Большими возможностями для групповой термообработки обладают установки токов средней частоты 2500 Гц. К групповой термообработке относят также одновременный нагрев одним индуктором нескольких сварных соединений труб, проходящих пучком (рис. 1, в).

**Термообработка сварных соединений повышенной трудности.** К сварным соединениям повышенной трудности (сложной геометрической формы) относят стыковые соединения в труднодоступных местах (например, соединения типа «труба с задвижкой», «труба с тройником») и стыковые соединения элементов с различными толщинами стенок, при термообработке которых создается неравномерный отвод теплоты (в таких местах обычно затрудняется или полностью исключается возможность симметричного расположения типового нагревателя относительно плоскости нагреваемого сварного шва); угловые швы сварных тройников и места приварки штуцеров к трубам, нагрев которых может сопровождаться неравномерным распределением температуры ввиду особой геометрической формы нагреваемого сварного узла.



**Рис. 1. Групповая термообработка сварных соединений трубопроводов:** а — с использованием индукционного нагрева: 1 — сварное соединение трубы, 2 — теплоизоляция, 3 — индуктор, 4 — термозлектрический преобразователь, 5 — термозлектродный провод, 6 — автоматический регистрирующий потенциометр, 7 — источник питания (трансформатор), 8 — токоподводящие провода, 9 — кабельная перемычка; б — с использованием электронагревателей ГЭН и КЭН: 1 — сварное соединение трубы, 2 — КЭН, 3 — термозлектрический преобразователь, 4 — термозлектродный провод, 5 — токоподводящие провода, 6 — источник питания, 7 — кабель для подсоединения источника питания к установке для термообработки, 8 — установка для термообработки, 9 — ГЭН; в — сварных конструкций труб, проходящих пучком: 1 — индуктор, 2 — теплоизоляция; 3 — трубы

\* Окончание. Начало в №2 — 2001.

При термообработке сварных соединений крутозагнутых отводов к трубам на отвод устанавливают электронагреватель ГЭН в соответствии с рис. 2, а. Одну из наибольших сложностей представляет термообработка сварных соединений тройников и мест приварки штуцеров к трубам (рис. 2, б, г). При термообработке сварных соединений равнопроходных тройников с использованием ГЭН на всех их элементах устанавливают одинаковые по размерам электронагреватели ГЭН (см. рис. 2, б). Если тройник не равнопроходный, то установку электронагревателей проводят так же, но на элемент тройника с меньшим диаметром устанавливают электронагреватель ГЭН меньшей длины. Для термообработки сварных соединений типа «труба с заглушкой» (вварка заглушки в трубу) используют технологический прием, заключающийся во временном присоединении на прихватках к заглушенному концу трубы так называемого «фальш-патрубка», представляющего собой отрезок трубы, имеющей одинаковый диаметр с заглушенной трубой (рис. 2, в). Фальш-патрубок служит для временного увеличения (на период проведения термообработки) ширины сварного соединения, чтобы обеспечить место для установки электронагревателя. При этом центр нагрева должен обязательно приходиться на сварной шов. После термообработки фальш-патрубок удаляют, а места прихваток зачищают.

Сварные соединения, состоящие из элементов с разными толщинами стенок (соединения типа «труба с задвижкой», приварка воротникового фланца к трубе и др.) характерны тем, что элемент, имеющий больший диаметр и толщину стенки (корпус задвижки, воротниковый фланец и т. п.), как правило, имеет небольшую ширину, на которой можно установить электронагреватель (рис. 2, д, е). Для обеспечения равномерности нагрева по ширине сварного соединения рекомендуется несколько сдвинуть оба электронагревателя в сторону элемента с большей толщиной стенки, что несколько сместит центр нагрева в сторону этого элемента. При установке на сварное соединение сложной геометрической формы нескольких электронагревателей ГЭН, имеющих разные размеры, необходимо дать им раздельное электропитание для обеспечения возможности регулировки процесса термообработки и повышения сохранно-

сти электронагревателей. Термообработку сварных соединений повышенной трудности выполняют также с использованием других видов электронагревателей (комбинированного действия, индукторов).

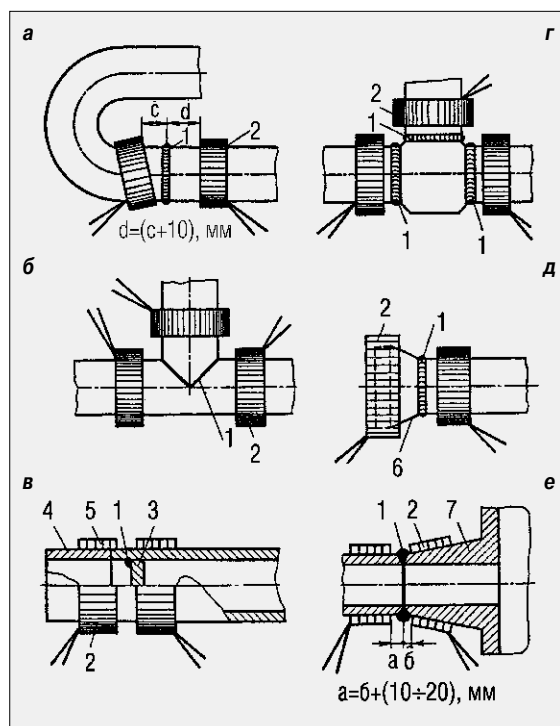
**Термообработка сварных соединений трубопроводов больших размеров с большими толщинами стенок.** Основной особенностью проведения термообработки сварных соединений трубопроводов больших диаметров (1020–1620 мм) и с большими толщинами стенок (более 70 мм) является повышенный отвод теплоты из зоны нагрева.

Для термообработки сварных соединений больших диаметров труб можно использовать нагрев электронагревателями ГЭН, индукционный — токами средней частоты 2500 Гц электронагревателями КЭН-4-3 и КЭН-4-3М. Для сварных соединений труб с большими толщинами стенок — индукционный нагрев токами промышленной и средней частоты электронагревателями КЭН-3, КЭН-4-3 и КЭН-4-3М (при толщине стенок труб до 100 мм), а также электронагревателями ГЭН при использовании специально разработанных технологических приемов.

Для уменьшения теплоотвода из зоны нагрева и снижения перепада температуры по толщине стенки используют следующие способы:

- устанавливают временные заглушки на один или оба конца трубопровода;
- устанавливают теплоизоляцию на наружной и на внутренней поверхностях термообрабатываемых трубопроводов;
- увеличивают толщину теплоизоляции на нижних участках вертикального и горизонтального сварного соединения, при этом вертикальное сварное соединение должно быть разбито на три зоны нагрева (рис. 3, а);
- разделяют электронагреватели ГЭН на несколько зон нагрева с автономным питанием каждой зоны нагрева от отдельных источников питания (рис. 3, б).

Кроме того, для вертикальных стыков широко применяют известный вариант установки электронагревателей с увеличенным расстоянием между витками или поясами электронагревателя в верхней части стыка, а для горизонтальных стыков — со смещением центра установки электронагревателей вниз от центра нагрева.



**Рис. 2. Рекомендуемые схемы установки ГЭН для термообработки сварных соединений повышенной трудности: а — приварка крутоизогнутых отводов; б — сварной тройник; в — вварка заглушки в трубу; г — тройниковое соединение; д — приварка воротникового фланца; е — приварка трубы к задвижке: 1 — сварной шов, 2 — электронагреватель ГЭН, 3 — заглушка, 4 — фальш-патрубок, 5 — временные прихватки, 6 — воротниковый фланец, 7 — патрубок корпуса задвижки**

**Термообработка сварных соединений из аустенитных коррозионно-стойких (нержавеющих) сталей.** Основными особенностями термообработки по режимам стабилизирующего отжига и аустенизации сварных соединений трубопроводов из аустенитных коррозионно-стойких сталей 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9 являются:

- высокая температура нагрева (до 1100 °С);
- высокий коэффициент линейного расширения сталей при нагреве (в 1,5 раза больший, чем у сталей перлитного класса) и низкий коэффициент теплопроводности (в 2,5 раза меньший, чем у сталей перлитного класса);
- высокие требования к обеспечению чистоты поверхностей (наружной и внутренней) сварных соединений, соблюдению температурных режимов;
- необходимость применения больших скоростей нагрева для сокращения тепловложения в сварные соединения;

## Термическая обработка сварных соединений

### Часть 5. Технология термообработки трубопроводов

#### Технология термообработки сварных соединений

■ отсутствие гарантий в обеспечении необходимых металлургических свойств зоны основного металла труб, примыкающих к участкам сварных соединений, находящихся в зоне равномерного нагрева.

Термообработку сварных соединений из аустенитных сталей проводят главным образом электронагревателями сопротивления. Можно использовать индукционный нагрев токами средней частоты, но он нецелесообразен для труб диаметром 600 мм и более.

Для стабилизирующего отжига и аустенизации необходимы средства нагрева (электронагреватели сопротивления) с повышенным температурным ресурсом, для увеличения срока эксплуатации которых в зону нагрева рекомендуется подавать аргон или применять для электронагревателей нихром марки Х20Н80–Н.

Запрещается применять газопламенный нагрев, который способствует образованию большой зоны нагрева, что снижает механические и специальные свойства сварного соединения, а также приводит к загрязнению поверхности труб.

**Восстановительная термообработка.** Для увеличения срока службы паропроводов из теплоустойчивой стали марки 12Х1МФ и других разработана и внедрена технология восстановительной (объемной) термообработки по режиму нормализации или нормализации с высоким отпуском основного металла и сварных соединений с использованием индукционного нагрева токами средней частоты 2500 Гц. Назначение термообработки — восстановление структуры и свойств длительно эксплуатируемого металла. Нагрев осуществляют водоохлаждаемым индуктором, который перемещают по нагреваемой трубе с заданной скоростью, что обеспечивает требуемый термический цикл теплового воздействия. Скорость перемещения индуктора для обеспечения выдержки 45 мин в интервале 950–1050 °С составляет около 0,3 м/ч. Для равномерного нагрева гибов паропровода скорость движения индуктора снижается до 0,25 м/ч, и индуктор смещается к центру гiba.

**Термообработка с увеличением времени выдержки.** Выдержка является одним из наиболее важных этапов процесса термообработки, от которой во многом зависит работоспособность сварных соединений. Как известно, выдержка снижает уровень сварочных напряжений и улучшает свойства сварного соединения (для сталей марки 12Х1МФ это характеризуется снижением твердости в сварного шва и переходной зоны). Согласно нормативно-технической документации (ОСТ 36–50–86, РТМ 1с–93 и др.), длительность выдержки зависит от толщины стенки труб. Для тонкостенных труб из хромомолибденованадиевых сталей марки 12Х1МФ и других с толщиной стенки до 20 мм время выдержки не превышает 1 ч. Если для снижения уровня сварочных напряжений этого времени достаточно, то для уменьшения твердости до уровня, соответствующего требованиям НТД, его зачастую недостаточно. Связано это с тем, что из-за небольшой массы металла труб такие соединения при сварке быстрее остывают (подкаливается). Если процентное содержание

легирующих элементов в металле труб и наплавленном металле находится на верхнем допустимом пределе, то твердость металла шва может быть высокой (300 НВ и более) и длительности выдержки 1 ч будет недостаточно для распада закалочных структур. В таких случаях необходимо выполнять подогрев перед сваркой и в процессе сварки, термообработку начинают сразу после сварки с нагревом до верхнего предела допустимой температуры. Время выдержки при этом следует увеличить до 2–3 ч и обеспечить замедленное охлаждение после окончания выдержки со скоростью не более 150–200 °С/ч (до 300 °С). Оптимальное увеличение времени выдержки должно быть определено опытным путем, критерием является получение требуемой твердости металла шва.

#### Повторная термообработка.

При местной термообработке по режиму высокого отпуска сварных соединений трубопроводов чаще всего встречаются отклонения от режимов термообработки, связанные со снижением температуры нагрева или времени выдержки (так называемый «недоотпуск»). Особенно значительно влияние недоотпуска на качество сварных соединений трубопроводов из хромомолибденованадиевых сталей марок 12Х1МФ, 15Х1М1Ф и других. В результате «недоотпуска» уровень сварочных напряжений снижается недостаточно, происходит охрупчивание сварного шва и околошовной зоны вследствие неполного распада закалочных структур, что уменьшает сопротивляемость сварного соединения к образованию трещин. Его влияние может быть полностью устранено повторной термообработкой, если в сварном соединении отсутствуют трещины. После повторной термообработки измеряют твердость, при достижении ее нормативного значения качество термообработки будет считаться удовлетворительным.

Число повторных циклов термообработки ограничено требованиями НТД (обычно допускается не более двух), так как длительный нагрев сварных соединений может привести к их разупрочнению. Если после выполнения допустимого числа повторных термообработок твердость металла шва остается выше нормативной, то такие швы должны быть удалены (вырезаны с последующей новой сваркой).

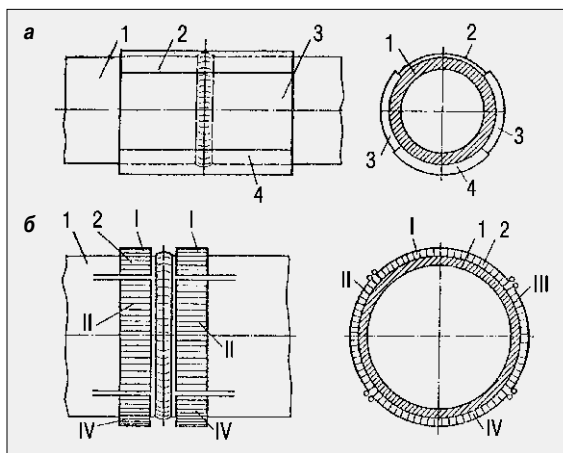


Рис. 3. Техника выравнивания температуры по окружности сварного соединения при термообработке сварных соединений трубопроводов больших диаметров: а — изменением толщины теплоизоляции на различных участках вертикального сварного соединения; б — разбивкой секций ГЭН на зоны нагрева на вертикальном сварном соединении: 1 — сварное соединение трубы, 2 — секции ГЭН, IV — зоны нагрева секций ГЭН

В некоторых случаях нарушение процесса термообработки по режиму высокого отпуска заключается в значительном превышении температуры нагрева. Если действительная температура нагрева будет находиться в межкритическом интервале температур  $A_{C1}-A_{C3}$  (на 50–70 °С выше верхнего предела заданной температуры), то для сталей марок 12Х1МФ, 15Х1М1Ф это способствует повышению пластичности при интенсивном разупрочнении зон сварного соединения и одновременном снижении жаропрочности (длительной прочности) сварного соединения. При нагреве сварного соединения выше точки  $A_{C3}$  и при соблюдении других параметров (времени выдержки и скорости охлаждения) практически получается термообработка по режиму отжига, что вызывает еще большую степень разупрочнения. В таких случаях необходимо вырезать сварное соединение, так как восстановить прежние его свойства — сложная техническая задача.

**Технология термообработки корпусных конструкций.** Термообработку корпусных конструкций, проводимую непосредственно на строительной-монтажной площадке или в ремонтных условиях, можно классифицировать как местную термообработку сварных соединений или объемную термообработку. Необходимость проведения термообработки должна быть указана в НТД. Обычно выполняют термообработку по режиму высокого отпуска, в некоторых случаях — низкого отпуска.

При проведении термообработки особое внимание должно быть обращено на сохранение формы и размеров термообрабатываемой конструкции. Технологический процесс местной или объемной термообработки корпусных конструкций состоит из следующих этапов:

- подготовительного (установка термоэлектрических преобразователей, нагревательных устройств и теплоизоляции; включение термоэлектрических преобразователей в измерительную цепь регистрирующих приборов; соединение нагревательных устройств с источниками питания);
- основного (нагрев, выдержка и охлаждение термообрабатываемой конструкции, регистрация параметров нагрева с оформлением технической документации);

- заключительного (снятие теплоизоляции, нагревательных устройств и термоэлектрических преобразователей, оформление отчетной технической документации);

- контрольно-сдаточного (контроль качества термообработки: проверка сохранности формы корпусной конструкции, измерение твердости и сплошности сварных швов неразрушающими методами контроля).

Местную термообработку сварных соединений цилиндрических корпусных конструкций (сосудов, работающих под давлением) выполняют обычно с использованием гибких электронагревателей сопротивления и индукционного нагрева токами средней частоты 2500 Гц. В некоторых случаях применяют также электронагреватели комбинированного действия и индукционный нагрев токами промышленной частоты 50 Гц. Объемную термообработку сварных цилиндрических и сферических корпусных конструкций выполняют газопламенным нагревом изнутри. Преимуществом электронагревателей сопротивления ГЭН является возможность обеспечения зонального нагрева. В этом случае сварное соединение разбивается на несколько зон, причем электронагреватели каждой зоны нагрева имеют автономное питание и средства контроля температуры, что способствует получению равномерного нагрева сварных соединений больших диаметров и сложной конструкции. В то же время для сварных стыковых соединений цилиндрических конструкций предпочтительным является индукционный нагрев токами средней частоты 2500 Гц, как менее трудоемкий и более производительный. При местной термообработке для обеспечения равномерности нагрева по окружности горизонтальных и вертикальных сварных соединений цилиндрических аппаратов используют такие же технологические приемы, как и для трубопроводов. Местную термообработку горизонтальных сварных соединений цилиндрических корпусных конструкций диаметром 3–4 м с толщиной стенки 30–40 мм выполняют тремя рядами электронагревателей ГЭН. При этом каждый ряд электронагревателей подключают к автономному источнику питания — сварочному трансформатору ТДФЖ–2002 или ТДФ–1601, а контроль температуры

выполняют с помощью трех термоэлектрических преобразователей, установленных по одному в каждой зоне нагрева.

При термообработке мест приварки монтажных штуцеров к цилиндрической корпусной конструкции нагреву подвергают полосу металла шириной 750 мм по окружности. Такая схема установки секций ГЭН обеспечивает равномерное расширение металла колонны в зоне нагрева и получение минимального уровня временных температурных напряжений. Кроме того, на штуцерах в местах приварки к корпусной конструкции устанавливают по два электронагревателя ГЭН для обеспечения нагрева сварных швов и прилегающих к ним участков металла штуцеров. Для обеспечения равномерности температуры на всех участках нагреваемого металла электронагреватели ГЭН разбивают на шесть зон нагрева: четыре зоны по окружности корпуса аппарата и две на штуцерах. Температуру в каждой из зон контролируют автономным термоэлектрическим преобразователем. Электронагреватели каждой зоны нагрева подключают к отдельным источникам питания, что обеспечивает получение равномерного нагрева в этих зонах.

Объемную термообработку газопламенным нагревом изнутри сферических резервуаров емкостью 600 м<sup>3</sup> выполняют с использованием мощных факельных горелок или теплогенераторных установок, работающих на природном газе. Термообработку с нагревом до 580–650 °С со скоростью 30 °С/ч, выдержкой 2 ч и охлаждением со скоростью 30 °С/ч выполняют одной мощной факельной горелкой или двумя теплогенераторными установками, расположенными внизу сферического резервуара. До начала нагрева под стойки резервуара устанавливают катковые опоры, а оболочку резервуара покрывают теплоизоляцией толщиной 200 мм. Температуру контролируют 30-ю термоэлектрическими преобразователями. В конце выдержки перепады температуры составляют 40 °С — в горизонтальных сечениях резервуара, 50 °С — между верхними и нижними полосами резервуара и 10–15 °С — по толщине стенки. Общий цикл термообработки (от начала нагрева до достижения 300 °С при охлаждении) занимает 38 ч. ■ #110

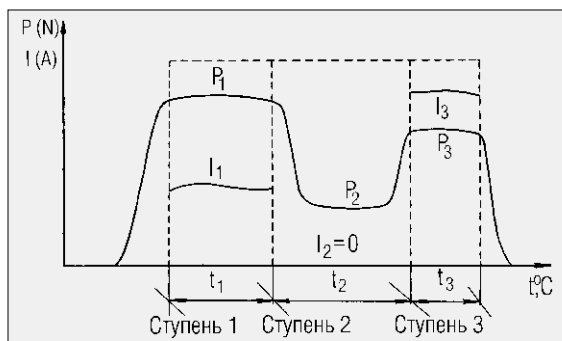
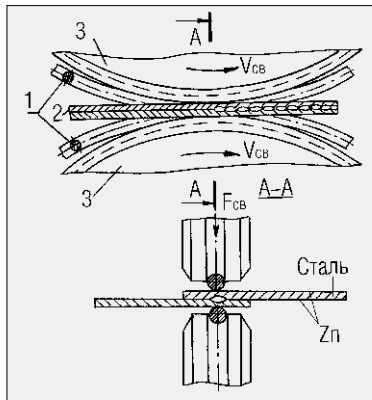


# НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

**О**сваиваем контактную сварку, применительно изготовлению элементов воздухопроводов из оцинкованной стали толщиной до 1,5 мм. Скажите, пожалуйста, как повысить стойкость электродов и добиться стабильности процесса сварки?

**Н. А. Мартыненко (Нежин)**

**Рис. 1.** Шовная сварка оцинкованной стали с использованием медной проволоки:  
1 — проволока;  
2 — детали;  
3 — ролики



**Рис. 2.** Схема трехступенчатой программы точечной сварки

Цинкование — один из эффективных способов защиты металла от коррозии. Для нанесения слоя цинка используется горячее цинкование, гальванический метод и напыление. Обычно толщина цинкового покрытия составляет 3–150 мкм и, как правило, указывается в сертификате качества. Низкая температура плавления цинка (906 °С) и толщина покрытия должны всегда учитываться при разработке техники и технологии сварки оцинкованного металла. При контактной сварке обычно имеет место взаимный перенос небольших масс металла электродов и свариваемых деталей через границу контактов электрод–деталь механическим путем или вследствие диффузии. А при контактной сварке оцинкованной стали возможно также дополнительное локальное плавление защитного покрытия из-за образования легкоплавких эвтектик цинка с медью. При плавлении резко возрастает скорость взаимной диффузии. Поэтому при сварке на поверхности электродов происходит накопление продуктов массопереноса, что и препятствует стабильности процесса сварки и требует непрерывной зачистки электродов. Хорошее и стабильное качество сварных соединений при контактной сварке оцинкованной стали получают, когда толщина покрытия цинка не превышает 20 мкм. Сварку следует выполнять на жестких режимах, точ-

ками или швами меньших размеров, чем при сварке стали без покрытия.

При роликовой сварке можно повысить стойкость электрода (ролика) за счет применения промежуточного электрода в виде медной ленты или проволоки, непрерывно протягиваемой в пазах ролика, между роликом и деталями (рис. 1). При этом меньше разрушается и цинковое покрытие из-за постоянного обновления рабочей поверхности промежуточного электрода и однократного массопереноса. Для повышения стойкости электрода при точечной сварке рекомендуют применять трехступенчатую программу сварки (рис. 2):

- на первой ступени происходит удаление цинкового покрытия из центральной контактной поверхности за счет относительно большого давления ( $P_1$ ) и низкого тока сварки ( $I_1$ );
- на второй ступени обеспечиваются области соединения, защита контактной поверхности от окисления атмосферным воздухом при малом давлении ( $P_2$ ) и отсутствии тока сварки ( $I_2=0$ );
- на третьей ступени производится формирование правильного строения литого ядра при параметрах  $P_3$  и  $I_3$ , близких к сварке металла без покрытия.

Такая программа позволяет избежать разрушения структуры покрытия, обеспечить хорошую коррозионную стойкость и внешний вид сварного соединения.

**К**ак быстро и эффективно очистить металл от окалины, ржавчины и старой краски?

**П. А. Петренко (Барышевка)**

Очистку проката сталей, не склонных к закалке и используемых при изготовлении неотчетственных сварных металлоконструкций, можно осуществить быстрым нагревом поверхностного слоя металла ацетилено–кислородным пламенем, при котором окалина отслаивается, ржавчина обезжелезливается, а краска сгорает без значительного нагрева основного металла. Остатки оксидов и сгоревшей краски легко удаляются металлической щеткой. Отслаивание окалины и других загрязнений основано на разности коэффициентов линейного расширения их и основного металла.

Нагревают очищаемую поверхность металла пламенем специальных многопламенных горелок типа ГАО. Для очистки применяют жесткое окислительное пламя со скоростью истечения смеси из сопл мундштука, близкой к скорости отрыва (для увеличения газодинамического напора пламени на металл).

Угол наклона горелки к горизонту составляет 40–60°. Скорость ее перемещения от 0,5 до 1,0 м/мин. Наибольшую скорость очистки допускают сухие рыхлые слои ржавчины, наименьшую — краски и лаки, которые не отслаиваются, а обугливаются или сгорают. Хороших результатов достигают при перемещении горелки «на себя», так как при этом предотвращается засорение сопл частицами окалины или ржавчины, отлетающими от очищаемой

поверхности. Мундштук горелки располагают под углом 30° к направлению движения для перекрытия каждого предыдущего слоя последующим на 15–20 мм.

В зависимости от толщины краски или ржавчины и состояния поверхности металла очистку выполняют в два–три прохода. Между проходами удаляют продукты очистки и полностью охлаждают поверхность металла. Зачистку производят металлическими щетками сразу после охлаждения.

Производительность очистки поверхности составляет 20 м<sup>2</sup>/ч при удельном расходе ацетилена от 0,1 до 0,4 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> очищаемой площади. Для очистки поверхности проката конструкционных сталей, применяемых для сварки ответственных конструкций, следует использовать пескоструйную обработку.

**Посоветуйте, как уменьшить разбрызгивание и устранить пористость при механизированной сварке в углекислом газе?**

**А. Жушков (Тольятти)**

Наиболее простой путь снижения разбрызгивания — использование оптимальных параметров сварки (диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение на дуге, скорость сварки, расход углекислого газа).

Для сварки в углекислом газе рекомендуют проволоки следующих диаметров: при сварке в нижнем положении — 0,8–2,0 мм; стыковых швов в вертикальном положении и угловых швов во всех пространственных положениях — 0,8–1,4 мм; стыковых швов в горизонтальном положении — 0,8–1,2 мм; при сварке стыковых швов в потолочном положении — 0,8–1,0 мм. Сварочная проволока должна иметь чистую и гладкую поверхность. Наличие на поверхности ржавчины, окислы и других загрязнений затрудняет токоподвод, нарушает равномерность подачи проволоки, приводит к объемному разрыву капели и поверхностным выплескам металла.

При наличии на поверхности проволоки смазки и ржавчины проволоку следует протравить в водном растворе соляной кислоты (150–180 г/л) с добавлением реагента ПБ–5 или КС (3–5 г/л) в течение 5–15 мин при температуре 15–20 °С, затем осуществить пассивацию в 1%–м водном растворе моноэтаноламина в течение 10–20 с с последующей сушкой в электрошкафу. При наличии на поверхности только масла можно ограничиться обезжириванием с выдержкой в течение 30 мин при температуре 70–80 °С в растворе следующего состава, г/л: каустической соды — 30–40, тринатрийфосфата — 50–60, кальцинированной соды — 20–30, жидкого стекла — 3–5, с последующей промывкой в проточной горячей, а затем и в холодной воде до удаления следов щелочи. Поверхность свариваемых кромок также должна быть очищена

от ржавчины, окислы, масел, и грунта, покрытий, наносимых на поверхность с целью защиты от приваривания брызг расплавленного металла.

Сварку в углекислом газе осуществляют на постоянном токе обратной полярности. Режим рекомендуют выбирать исходя из толщины свариваемого металла (таблица).

Для исключения пористости шва расход газа должен быть минимальным, но достаточным для создания надежной защиты сварочной ванны от воздуха. Так, при сварке проволокой диаметром 0,8–1,2 мм достаточный объемный расход газа составляет 0,1–0,2 дм<sup>3</sup>/с (6–12 л/мин), проволокой диаметром 1,6–2,0 мм — 0,2–0,4 дм<sup>3</sup> (12–24 л/мин).

Как показывает опыт, скорость перемещения горелки при сварке встык металла толщиной 3 мм без разделки кромок по ГОСТ 14771 диаметром электрода 1,2 мм составляет 20–23 м/ч.

В снижении разбрызгивания немаловажную роль играет техника сварки. Например, сварку стыковых швов в тонкостенных конструкциях (до 2 мм) следует выполнять на удлиненной дуге при сохранении ее достаточной устойчивости и минимального разбрызгивания, с максимальной скоростью сварки, обеспечивающей хорошее формирование шва и достаточную газовую защиту, а также с наклоном горелки вперед под углом 30–45° без поперечных колебаний электрода.

Стабильность процесса сварки и уровень потерь металла на разбрызгивание зависят от динамических свойств источника питания и конструкций отдельных элементов полуавтомата (роликов, направляющего канала, привода). Если нет возможности заменить оборудование, специалисты рекомендуют включать в сварочную цепь дополнительное индуктивное сопротивление (дроссель). Оптимальная индуктивность при использовании сварочной проволоки диаметром 1,2 мм составляет 0,4–0,5 мГн.

Вышеупомянутые рекомендации имеют силу только в том случае, если качество сварочной проволоки и сварочной углекислоты отвечают требованиям соответственно ГОСТ 2246 и ГОСТ 8050. В баллонах с углекислотой не должна содержаться вода. Ввиду дефицита сварочной углекислоты первого сорта находит применение сварочная углекислота второго сорта и пищевая. Повышенное содержание водяных паров в углекислоте приводит к образованию пор в швах и снижению пластических свойств сварного соединения. Поэтому перед использованием новый баллон рекомендуют расположить вентилям вниз на время до 8 ч, а затем открыть его в таком положении и выпускать воду до появления первых хлопьев сухого льда. Чтобы снизить содержание влаги в поступающем на сварку углекислом газе до безопасного уровня на его пути устанавливают осушители. С целью снижения эффекта дросселирования и поглощения теплоты при испарении углекислоты рекомендуют на пути выходящего из баллона углекислого газа устанавливать подогреватели, например ПЭУ–1.

Смеси инертных и активных газов (аргон, углекислый газ, кислород) имеют ряд технологических преимуществ перед чистым углекислым газом, поэтому они находят все более широкое применение. В настоящее время освоена поставка в баллонах готовых газовых смесей, например марки АГАМИКС. При сварке в газовых смесях уменьшается разбрызгивание электродного металла на 5–10%, а также улучшается формирование металла шва. Процесс сварки в среде АГАМИКС менее чувствителен к колебаниям напряжения и скорости подачи проволоки. При использовании АГАМИКСа устанавливают такие же параметры, как и при сварке в углекислом газе. Сварочную горелку рекомендуют перемещать со скоростью на 10–15% больше, чтобы обеспечить требуемые размеры шва. Для увеличения производительности (после приобретения навыков с повышенной скоростью сварки) можно увеличивать скорость подачи сварочной проволоки, но ступенчато, на 1–2 м/мин. Сварку в среде АГАМИКС с требуемым качеством могут выполнять сварщики, не имеющие высокой квалификации.

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

**Таблица. Режимы сварки при различной толщине свариваемого металла**

Параметр	Толщина свариваемого металла, мм					
	1,0	2,0	3,0	5,0	6,0	Более 6,0
Диаметр проволоки, мм	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Сила сварочного тока, А	60–100	90–140	120–200	140–300	200–400	300–500
Напряжение, В	18–22	18–24	18–28	18–32	20–36	22–38
Вылет электрода, мм, при соединении:						
стыковым	6–10	8–12	8–14	10–16	14–18	16–22
тавровым	8–12	10–14	10–16	12–18	16–20	18–25

# Средства защиты органов зрения, лица и головы сварщиков

О. Г. Левченко, В. А. Метлицкий, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона

**Э**лектродуговая сварка характеризуется повышенной яркостью света (видимого излучения), повышенными уровнями ультрафиолетового и инфракрасного (теплого) излучений, многократно превышающими физиологически переносимую глазом человека величину. Кратковременное воздействие на незащищенные глаза ультрафиолетового излучения дуги может вызвать заболевание — электроофтальмию (воспаление глазного яблока), а при воздействии на открытые участки тела — воспаление кожных покровов. Часто повторяющаяся электроофтальмия может привести к хроническому конъюнктивиту, когда поражается сетчатка глаза и резко ухудшается зрение. Инфракрасное излучение может вызвать помутнение хрусталика глаза. Интенсивность излучения сварочной дуги и его спектральные характеристики зависят от мощности дуги, способа сварки, вида сварочных материалов, защитных и плазмообразующих газов.

Для защиты глаз, кожного покрова головы и шеи от излучения дуги и от брызг расплавленного металла сварщики используют специальные ручные и наголовные щитки (маски), изготавливаемые в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.035. Эти требования регламентируют защитные характеристики (отсутствие проникновения излучения дуги, стойкость материала корпуса к брызгам расплавленного металла, удельная электрическая прочность материала корпуса, сопротивление изоляции наголовника), а также массу, габаритные размеры и прочность щитка.

Защитные щитки состоят из корпуса, изготовленного из тонкого термостойкого материала, смотрового стекла—светофильтра, расположенного на уровне глаз, и наголовника для крепления на голове или ручки.

Наиболее важным и ответственным элементом щитков являются светофильтры, предназначенный для защиты глаз от ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучений. Световое излучение дуги должно быть ослаблено светофильтрами в  $10^2$ – $10^6$  раз. В этом светофильтры должны обладать достаточной величиной пропускания в видимой области спектра, что необходимо для наблюдения за местом сварки.

В настоящее время в СНГ широко применяют стеклянные светофильтры серии С, которые подразделяют на 13 классов. Они обеспечивают защиту глаз от излучений при сварке на токах от 5 до 1000 А. Выбирают светофильтры в зависимости от вида сварки и силы тока в соответствии с ОСТ 21–6–87 (таблица).

Выпускают щитки двух видов: со светофильтром для нормального обзора (размер 52×102 мм) и увеличенного (90×102 мм). Снаружи, перед светофильтром, устанавливают покровное стекло толщиной не более 2,5 мм, которое защищает светофильтр от царапин, прожогов и других повреждений. Изнутри обязательно также устанавливают подложку из оргстекла толщиной не более 2 мм. При раз-

рушении от механического повреждения покровного стекла и светофильтра подложка защищает глаза от травм.

Защитные ручные и наголовные щитки для электросварщиков со светофильтрами для нормального и увеличенного обзора (рис. 1, а, б, г, д) предназначены для сварки швов сложной конфигурации с частыми изменениями пространственной конфигурации (переходы из нижнего положения в потолочное, вертикальное и обратно), для сварки с повышенной скоростью или в труднодоступных местах.

Кроме того, для сварки в труднодоступных местах, когда затруднено откидывание корпуса щитка, разработаны щитки с откидывающимся светофильтром (рис. 1, е). Наличие дополнительного прозрачного неподвижного небоьющегося стекла, укрепленного с внутренней стороны корпуса щитка, позволяет при поднятом светофильтре выполнять вспомогательные операции или зачистку сварного шва без опасности поражения глаз и лица горячими частицами шлака и окалины. Для таких условий сварки имеется также защитный щиток с подвижным светофильтром (рис. 2). Он снабжен съемным блоком с подвижным светофильтром увеличенного размера, механизм открывания и закрывания которого имеет плечевой рычаг.

При монтажных работах для защиты головы от удара, поражения электрическим током, охлаждения, перегрева, воздействия атмосферных осадков разра-

Таблица. Рекомендуемые светофильтры при дуговой сварке

Способ сварки	Сила тока, А, в зависимости от класса светофильтра											
	С-1	С-2	С-3	С-4	С-5	С-6	С-7	С-8	С-9	С-10	С-11	С-12
Покрытыми электродами стали, чугуна и меди	—	—	15–30	30–60	60–150	150–275	275–350	350–600	600–700	700–900	900 и выше	—
Плавающими электродами в инертных газах:												
стали	—	—	20–30	30–40	40–80	80–100	100–200	200–300	300–500	500–700	700–900	900 и выше
легких сплавов	—	—	—	15–30	30–50	50–90	90–150	150–275	275–350	350–600	600–800	800 и выше
Вольфрамовыми электродами в инертных газах												
стали и легких сплавов	—	—	10–15	15–20	20–40	40–80	80–100	100–175	175–275	275–300	300–400	400–600
Плавающими электродами в углекислом газе												
стали	30–60	60–100	100–150	150–175	175–300	300–400	400–600	600–700	700–900	900 и выше	—	—

ботаны конструкции щитков (рис. 1, в, рис. 3), которые легко можно смонтировать на защитной головной каске.

Более удобными в эксплуатации считаются щитки новых типов с комбинированными светофильтрами (темным и полупрозрачным). Один из типов таких щитков имеет увеличенный практически на всю поверхность лицевой части щитка полупрозрачный светофильтр, который защищает глаза и лицо от ультрафиолетового излучения и при этом позволяет наблюдать за зоной сварки до момента загорания дуги, а также расширяет зону бокового зрения. На уровне глаз размещается собственно темный светофильтр, через который сварщик, переводя взгляд, наблюдает за сваркой во время горения дуги (рис. 3). Щитки второго типа имеют комбинированный светофильтр, разделенный козырьком на небольшую верхнюю полупрозрачную часть и нижнюю темную (рис. 4). До загорания дуги сварщик смотрит в верхнюю часть, после возбуждения дуги — в нижнюю. Разделительный козырек при этом защищает глаза от воздействия на них излучения дуги. Подобные щитки используют и обслуживающие рабочие.

Важным элементом щитка является наголовник. Он должен учитывать антропологические особенности головы человека (регулировка по размеру головы), иметь защитный чехол, снижающий давление на голову.

Для защиты глаз обслуживающих рабочих применяют очки по ГОСТ 12.4.013. В тех случаях, когда сварку можно осуществлять без защитного щитка или для наблюдения за процессом при механизированной (автоматической) сварке, используют защитные закрытые очки со светофильтрами по ОСТ 21-6. Для защиты глаз вспомогательных рабочих применяют очки В-1, В-2; газосварщиков — Г-1, Г-2, Г-3.

Используемые до настоящего времени отечественные средства индивидуальной защиты глаз сварщиков далеки от совершенства. Защитное действие обычных щитков основано на применении в качестве светофильтра темных стекол с по-

стоянным светопропусканием настолько низким (0,1–0,0001%), что исключается возможность наблюдения через них рабочей зоны до загорания дуги. Сварщик вынужден отводить щиток от глаз или поднимать его всякий раз перед началом процесса, после его окончания и при разрыве дуги. Это отрицательно сказывается на производительности труда, качестве работы и безопасности сварщиков.

Этих недостатков лишены щитки сварщиков с автоматическим затемнением, в которых установлен светофильтр с переменным светопропусканием (рис. 5). Принцип действия таких светофильтров основан на изменении коэффициента пропускания (прозрачности фильтра) светового излучения при загорании сварочной дуги. Фильтр имеет три рабочих состояния: открытое, закрытое и промежуточное. До начала сварки он находится в промежуточном состоянии, а при включении питания переходит в открытое, при котором можно нормально наблюдать рабочую зону. При загорании дуги фильтр за 1–2 мс (последние модели — 0,1 мс) переходит в закрытое состояние, которое является оптимальным для наблюдения за процессом сварки. При погасании дуги фильтр возвращается в открытое состояние с задержкой, исключающей ослепление сварщика излучением остывающей зоны сварки. Фильтр обеспечивает возможность непрерывного наблюдения за зоной сварки при обычном освещении до загорания дуги. При этом исключается сварка «вслепую» и потребность в частом изменении положения маски при смене сварочных электродов, контроле шва и т. п.

Степень ослабления излучения дуги подбирают с помощью регулятора на щитке для конкретного вида сварки и диапазона токов в соответствии с европейскими стандартами, например DIN 4647. Питание осуществляется от батареи часовых элементов или солнечных батарей и включается с помощью фотодетектора, реагирующего на световое излучение дуги. Устройство и схема компакты, не мешают проведению сварочных работ и освобождают руки сварщика. ■ #111

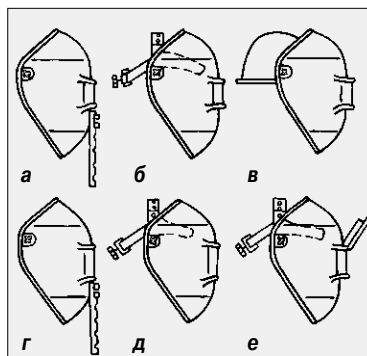


Рис. 1. Защитные щитки для электросварщиков: а — ручной РН-С-701 У1; б — наголовный НН-С-701 У1; в — наголовный, монтируемый на защитной каске КН-С-701 У1; г — ручной с увеличенным светофильтром РН-С-703 У1; д — наголовный с увеличенным светофильтром НН-С-703 У1; е — наголовный с открывающимся светофильтром ННП-С-702 У1

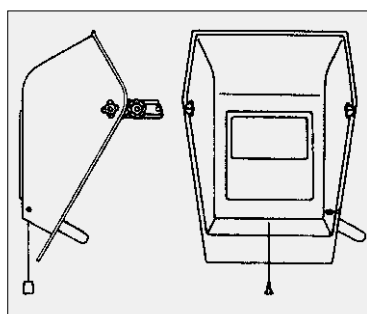


Рис. 2. Сварочный щиток с подвижным светофильтром ННП-С-505 У1

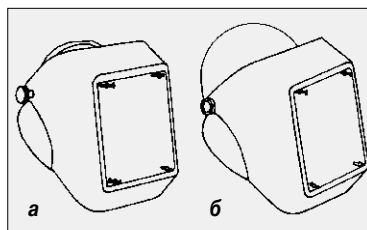


Рис. 3. Сварочный щиток с комбинированным светофильтром: а — без каски; б — с каской

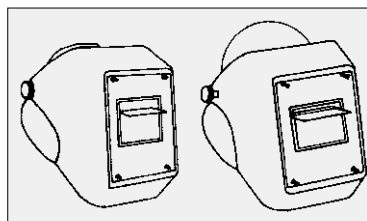


Рис. 4. Сварочный щиток с комбинированным светофильтром и козырьком

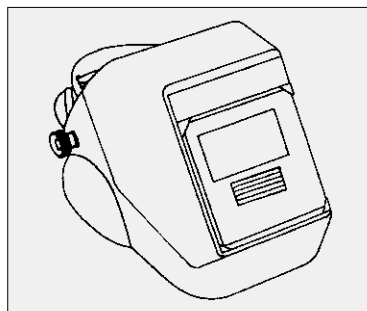


Рис. 5. Сварочный щиток с автоматическим затемнением (со светофильтром на жидких кристаллах с переменным светопропусканием)

## МАСКИ СВАРЩИКА ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

ЧП «Сварочные технологии» предлагает маски и щитки сварщика собственного производства.

Вся продукция сертифицирована в системе УкрСЕПРО и имеет гигиенические заключения Министерства здравоохранения Украины.

Наши телефоны:

(044) 516-98-41, 517-36-45, 516-64-96

Подробнее о нашей продукции — на стр. 21.

# Промышленные лазеры: принцип работы и возможные области применения\*

М. Брандт, проф.

**О**ткрытие лазера, произошедшее более сорока лет назад, вызвало большой интерес у научных работников и инженеров, а также у широкой публики и прессы. Это было одно из главных научных открытий двадцатого столетия, и вначале, как это обычно бывает с подобными открытиями, его пытались без достаточно серьезных обоснований применять в разных областях.

С тех пор лазер проделал длинный путь. Если в ранний период лазеры были объектом исследования физиков, то сегодня их конструируют, изготавливают и применяют как промышленное оборудование. Этот переход от научного прибора к промышленному оборудованию обеспечил лазером широкое использование в различных областях производства для увеличения производительности труда, улучшения качества изделий и уменьше-

ния производственных затрат. В промышленности лазеры находят применение для резки, сварки, сверления, маркировки и поверхностной обработки материалов.

Такое разнообразие областей применения определяется следующими преимуществами лазера:

- возможностью регулирования погонной энергии в широком диапазоне значений;
- возможностью компьютерного регулирования мощностью и перемещениями луча;
- возможностью обработки различных материалов (от дерева и пластмасс до металлов).

Главный недостаток лазерной технологии — ее стоимость. Новые технологические решения и увеличение объемов производства устойчиво снижают стоимость единицы мощности лазера, однако для многих областей лазер, в сравнении с альтернативными технологиями, остается все еще слишком дорогим, даже в том случае, когда его использование может обеспечить лучшее качество. Учитывая высокую стоимость лазеров, их выгодно применять в тех случаях, когда трудно или невозможно использовать обычные технологии.

В настоящее время в промышленности в основном используют газовые  $\text{CO}_2$ -лазеры и твердотельные Nd:YAG-лазеры (алюмоиттриевый гранат с неодимом), работающие в инфракрасном и ближних к инфракрасному диапазонах спектра. Однако мощные диодные лазеры и Nd:YAG-лазеры с диодной накачкой становятся все более эффективными, они будут вытеснять в некоторых областях  $\text{CO}_2$ -лазеры и Nd:YAG-лазеры и, что более важно, они расширят возможности промышленного применения лазеров.

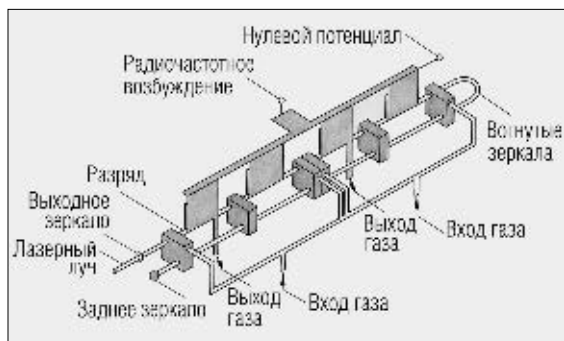
В  $\text{CO}_2$ -лазерах рабочая среда состоит из смеси углекислого газа, азота и гелия. Наиболее распространенное соотношение газов в смеси:  $\text{CO}_2$  — 5%,  $\text{N}_2$  — 10%, остальное — гелий. Принцип работы всех  $\text{CO}_2$ -лазеров одинаков, однако есть раз-

личия в их конструкции в зависимости от методов возбуждения и охлаждения газовой смеси в резонаторе. Активной средой в этих лазерах является углекислый газ. Азот способствует повышению мощности лазера, передавая энергию молекуле  $\text{CO}_2$  и позволяя ей остаться на верхнем уровне лазерного излучения, гелий ускоряет отвод теплоты от газовой смеси.  $\text{CO}_2$ -лазеры имеют мощность от десятков ватт до сорока пяти киловатт при КПД приблизительно 10%. Эти лазеры наиболее широко используют для резки, сварки и поверхностной обработки.

$\text{CO}_2$ -лазеры могут быть с продольной или поперечной прокачкой и отпаянные. В лазерах с медленной продольной прокачкой газ движется соосно с лазерным лучом в стеклянной трубке (обычно диаметром от 10 до 14 мм), которая окружена другой стеклянной трубкой, расположенной коаксиально. В зазор между трубками подается вода или масло для охлаждения. С одного метра длины лазерной разрядной трубки (типичная длина трубки 1 м) может быть получена мощность от 50 до 70 Вт. Преимущества этого типа  $\text{CO}_2$ -лазера заключаются в хорошей фокусировке луча, относительной простоте конструкции и дешевизне. Основной недостаток — значительное увеличение габарита лазера при необходимости получения большой мощности. Максимальная мощность таких лазеров составляет 2 кВт и может быть получена примерно от 20 лазерных разрядных трубок, помещенных последовательно.

В  $\text{CO}_2$ -лазерах с быстрой продольной прокачкой (рис. 1) высокие параметры достигаются за счет быстрой прокачки газа через разрядную трубку. Для этой цели обычно используют центробежный компрессор. Газ движется со скоростью, близкой к скорости звука, и прежде чем он будет повторно использован в лазерной трубке, его охлаждают в теплообменнике. Длина лазерной разрядной трубки в этом случае может быть значительно уменьшена. Кроме компактного размера,

Рис. 1.  $\text{CO}_2$ -лазер с большой скоростью прокачки



\* Australasian Welding Journal — Volume 45, second quarter. 2000, S. 8.

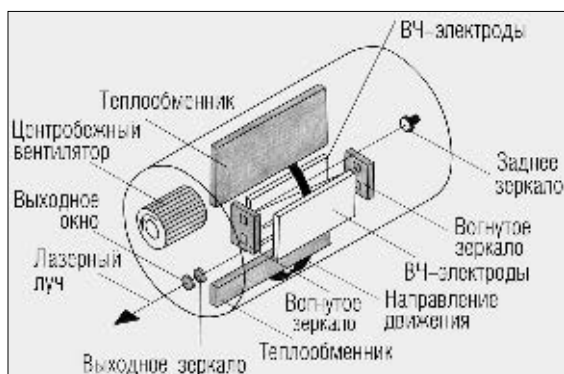


Рис. 2.  $\text{CO}_2$ -лазер с поперечной прокачкой

CO<sub>2</sub>-лазеры этого типа имеют высокую выходную мощность (до 20 кВт) и, соответственно, большую погонную энергию. Такие лазеры особенно хороши для сварки. Главный недостаток — необходимость в центробежном компрессоре или другом устройстве для прокачки газа.

В CO<sub>2</sub>-лазерах с поперечной прокачкой поток газа с высокой скоростью прокачивается поперек оптической оси и через теплообменник многократно используется снова (рис. 2). В сравнении с предыдущими двумя конструкциями в CO<sub>2</sub>-лазерах с поперечной прокачкой газ находится в активной области меньше время и вследствие этого не перегревается. Это позволяет получить очень высокие выходные мощности в компактной конструкции. Сегодня промышленные лазеры этого типа имеют мощность до 45 кВт, они особенно хороши для сварки, наплавки и поверхностной обработки.

В отпаянном CO<sub>2</sub>-лазере основным элементом конструкции является стеклянная трубка, по торцам которой расположены зеркала резонатора и блок питания. Трубку заполняют активной газовой средой и запаивают. Трубка имеет определенный срок службы, после чего должна быть заменена новой.

В настоящее время разработан новый тип CO<sub>2</sub>-лазера (слэб-лазер) с диффузионным охлаждением (рис. 3). В конструкции этого лазера есть две плоские медные пластины. Пластины помещают на близком расстоянии друг от друга. Они выполняют роль электродов и радиаторов охлаждения. Так как нет необходимости в газовой транспортной системе, то конструкция получается компактной. Эти лазеры имеют мощность от 1 до 3,5 кВт и уже предлагаются на рынке.

Nd:YAG-лазер — твердотельный лазер, в котором в качестве активного элемента используют алюмоиттриевый гранат с неодимом. Активный элемент имеет форму цилиндра с отполированными плоскими параллельными торцами (рис. 4). Эти лазеры работают в импульсном и непрерывном режимах при КПД от 3 до 5%. Высокая эффективность и надежность, по сравнению с другими твердотельными лазерами, привели к широкому распространению этого типа лазеров в промышленности. Стержни Nd:YAG-лазеров обычно имеют диаметр 6 мм и длину 100 мм, иногда используют стержни диаметром 10 мм и длиной 200 мм. Не-

большие размеры активного стержня делают Nd:YAG-лазеры намного более компактными, чем CO<sub>2</sub>-лазеры.

В этом случае лазерное излучение получают, возбуждая активный элемент лампами накачки, помещенными в непосредственной близости от него. Чтобы направить максимальное количество света от лампы накачки в стержень и получить максимальную мощность лазера, активный стержень и лампу помещают в специальный резонатор. Единичный Nd:YAG-лазер имеет максимальную мощность 500–600 Вт. Для получения более высокой мощности необходимо использовать несколько активных элементов, расположенных последовательно. Сейчас предлагают Nd:YAG-лазеры с восьмью активными элементами, мощностью до 5 кВт. Nd:YAG-лазеры, передающие луч по оптическим волокнам, нашли широкое применение в автомобильной промышленности.

Из-за своей относительно низкой цены Nd:YAG-лазеры с ламповой накачкой в настоящее время и, по-видимому, в ближайшем будущем будут широко применяться в промышленности. Однако на рынке уже предлагают Nd:YAG-лазеры большой мощности с диодной накачкой. Nd:YAG-лазеры с диодной накачкой имеют намного лучшие энергетические характеристики, они более компактны, проще в обслуживании и имеют значительно большие сроки службы в сравнении с Nd:YAG-лазерами с ламповой накачкой. Nd:YAG-лазеры с диодной накачкой с выходной мощностью более 4 кВт и гарантированным сроком службы 15 000 ч теперь предлагают для сварки, нанесения покрытий и поверхностной обработки.

В диодных лазерах единственный излучаемый элемент — собственно лазерный диод, имеет мощность излучения около 5 мВт. Для получения большой мощности излучения набирают пакет из лазерных диодов. К числу преимуществ диодных лазеров следует отнести высокую эффективность (до 50%), что ведет к более низким эксплуатационным расходам: небольшие размеры позволяют легко встраивать их в существующие системы производства. Лазеры этого типа с выходной мощностью 3–5 кВт теперь предлагают на рынке. Главный их недостаток — высокая стоимость, которая приблизительно составляет от 150 до 200 дол. США на один ватт диодной



Рис. 3. Пластинчатый CO<sub>2</sub>-лазер

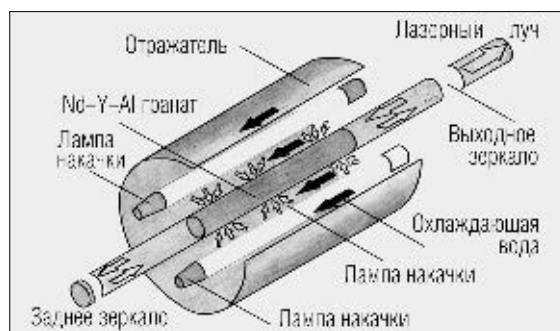


Рис. 4. Лазер на основе Nd-Y-Al-граната

мощности. Однако, независимо от этих факторов, будущее для мощных диодных лазеров в производстве весьма перспективно, а их цена уменьшится с увеличением объемов производства.

Лазерная обработка материалов — это управляемый процесс нагрева, в котором лазер действует как источник энергии. При попадании лазерного луча на поверхность обрабатываемого материала, некоторое количество излучения поглощается, а некоторое — отражается. Это соотношение, в основном, определяется оптическими свойствами обрабатываемой поверхности. Та часть энергии лазерного луча, которая поглощается поверхностью материала, расходуется на его нагрев. Нагрев можно производить без или с оплавлением поверхности, в некоторых случаях нагрев может производиться вплоть до испарения обрабатываемого материала.

Чтобы получить максимальную выгоду от процесса лазерной обработки, необходимо знание параметров лазерного луча и свойств обрабатываемого материала. Игнорирование любого из них может привести к получению неудовлетворительных результатов. Параметры лазерного луча, от которых зависит эффективность нагрева обрабатываемого материала, показаны на рис. 5.

От мощности лазерного луча, его диаметра, фокусировки и пространственного

## Промышленные лазеры: принцип работы и возможные области применения

расположения, а также от времени обработки зависит, какое количество энергии может получить обрабатываемая деталь и как эта энергия распределится в объеме обрабатываемой детали. Длина волны лазерного излучения — главный фактор в определении применимости лазера для того или иного процесса. Поглощения энергии и нагрева не будет, если длина волны лазерного излучения выбрана неправильно. Угол падения луча на обрабатываемую поверхность и его поляризационные характеристики определяют, какое количество лазерного излучения будет отражено от обрабатываемой поверхности.

Свойства материала, которые влияют на легкость и быстроту лазерной обработки, показаны на рис. 6. Отражательная способность поверхности диктует наиболее подходящую длину волны лазера, которую нужно использовать. Отражательная способность металлов уменьшается с уменьшением длины волны, поэтому эффективность нагрева металлов увеличивается при использовании лазера с меньшей длиной волны. Следовательно, обработка металлов с использованием Nd:YAG-лазера, имеющего меньшую длину волны, более эффективна в сравнении с обработкой CO<sub>2</sub>-лазером, имеющим большую длину волны. Отражательная способность неметаллов, наоборот, уменьшается с увеличением длины волны, и в этом случае предпочтительнее использовать CO<sub>2</sub>-лазер. При

обработке металлов отражательная способность — функция множества переменных, включая чистоту обработки и степень окисленности поверхности. Гробо обработанные или окисленные поверхности имеют более низкую отражательную способность и, следовательно, способствуют поглощению энергии. Чистота поверхности может изменять отражательную способность поверхности на 50%. Следует отметить, что окисление поверхности металла не всегда выгодно, потому что оксид может иметь температуру плавления намного выше, чем сам металл. Например, оксид алюминия значительно снижает эффективность обработки алюминиевых поверхностей.

Отражательная способность металлических поверхностей уменьшается с увеличением температуры, что способствует поглощению энергии обрабатываемой поверхностью. Для преодоления начальной отражательной способности металла требуются лазеры с выходной мощностью по крайней мере в несколько сотен ватт. Обычно, чтобы увеличить производительность и понизить издержки производства, используют лазеры с выходной мощностью более киловатта. Напротив, поскольку большинство неметаллов хорошо поглощают излучение CO<sub>2</sub>-лазеров, для их обработки можно использовать лазеры мощностью в несколько сотен ватт.

Распространение теплоты в материале определяется его теплоемкостью и теплопроводностью. От этих показателей зависит как быстро и на какую глубину прогреется обрабатываемый материал, и сама высокая теплопроводность в совокупности с большой отражательной способностью значительно затрудняют лазерную обработку меди и алюминия.

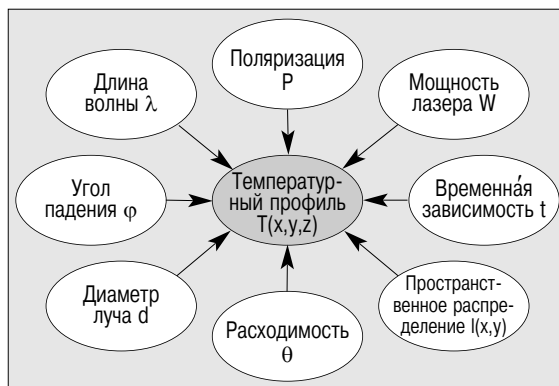
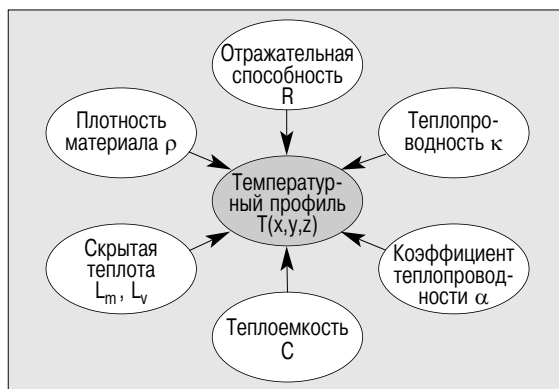


Рис. 5. Параметры лазерного луча, влияющие на температуру поверхности и ее распределение



В настоящее время лазер быстро становится промышленным инструментом для резки, сварки, сверления и поверхностной обработки материалов. При надлежащем понимании характеристик и возможностей лазеров промышленность может все шире использовать эту чистую и эффективную технологию. В комбинации с роботами и другими автоматизированными системами применение лазеров в автомобильной, электронной и других отраслях промышленности будет расширяться.

Рис. 6. Свойства материала, влияющие на лазерную обработку

■ # 112

## Подготовка и аттестация судовых сварщиков

(Окончание. Начало на стр. 11)

даже тем сварщикам, которые имеют практические навыки сварки и резки металлов.

По результатам проверки практических навыков у более 500 сварщиков установлено, что удовлетворительно выполнить электродуговую сварку (РДЭ-111) стыковых соединений пластин толщиной 10 мм могут в нижнем положении (РА) 25% сварщиков, в вертикальном (РФ) — 35%

или в горизонтальном (РС) — 10%, в вертикальном и горизонтальном (РФ, РС) — 25% и в потолочном положении (РЕ) — 5%. При электродуговой сварке покрытым электродом, а также при газовой сварке (ГС-311) стыковых соединений труб подавляющее большинство сварщиков аттестуют только по сварке поворотных трубопроводов (РА) — 90%. На практике значительную часть ремонтируемых судовых трубопроводов приходится сваривать в неповоротных положениях, а к этому многие судовые сварщики еще не готовы.

С учетом современных требований к знаниям судового сварщика и к качеству

сварных соединений уровень подготовки сварщиков необходимо повышать, как и повышать требования, дающие право на получение сертификата судового сварщика. Это позволит потеснить конкурентов на мировом рынке рабочей силы и услуг.

Поэтому задача как штатных сотрудников ОИАЦ «Прометей», так и привлекаемых к процессу подготовки и аттестации сварщиков преподавателей и инструкторов из числа членов Общества сварщиков Украины состоит в совершенствовании процесса подготовки и аттестации судовых сварщиков и расширении объема предоставляемых услуг.

■ # 109

# Мобильный аппарат для лазерной сварки\*

**Н**а Саксонском машиностроительном предприятии (г. Цвикау) при сотрудничестве со Средне-саксонским лазерным институтом Высшей школы г. Миттвайда разработан новый мобильный аппарат с устройством (горелкой) для ручной лазерной сварки и обработки.

В комплект аппарата входят блоки питания и управления лазером, а также система охлаждения. Источником лазерного пучка служит диодный лазер мощностью 1 кВт, связанный с ручным устройством.

Перемещаемое вручную устройство массой 1,5 кг можно использовать для лазерной сварки и упрочнения. С его помощью сваривают листы из конструкционной и нержавеющей сталей, титана. Волновой спектр диодного лазера подходит для сварки алюминия, и в будущем новое устройство может быть широко использовано для сварки различных сплавов из этого металла, в частности, в автомобилестроении.

Устройство снабжено сменной оптикой с различным фокусным расстоянием для изменения рабочего расстояния и регулирования интенсивности мощности на обрабатываемой поверхности в пределах  $(0,2-1,0) \cdot 10^5$  Вт/см<sup>2</sup>. Световолоконная оптика обеспечивает равномерный профиль лазерного пучка, что хорошо подходит для сварки листов встык без разделки кромок. Лазерным пучком управляет микроконтроллер, анализирующий выходной сигнал в зависимости от скорости перемещения устройства сварщиком. При изменении скорости перемещения корректируют мощность лазерного пучка, что обеспечивает высокое качество сварки. Для отклонения лазерного пучка внутри устройства установлено отклоняющее зеркало, с помощью которого сварщик также ведет наблюдение за процессом.

В устройство (горелку) входят функциональные узлы генерирования сигналов и наблюдения за процессом, клавиши

управления и предохранительная блокировка, расположенные на рукоятке. Сварочное сопло имеет модульную конструкцию, оно состоит из сопла, сенсоров, устройства регулирования фокусного расстояния, датчика перемещения и предохранителя от рассеянного излучения.

Переносной блок питания мобильной лазерной установки является принципиально новой разработкой и отличается прежде всего компактностью, быстрым реагированием на различные возмущения и высоким КПД. Блок питания позволяет выбирать параметры сварки и упрочнения различных материалов в постоянном или импульсном режиме.

Компактная и легкая конструкция ручного устройства, простое управление процессом лазерной обработки, экономичность процессов позволили разработчикам предложить мобильную лазерную установку в первую очередь мелким и средним предприятиям. ■ #113

\* Schweissen & schneiden. — №4, 2000. — С. 193.

# Светолучевые установки для пайки и сварки\*

**С**ветолучевые установки (СЛУ) для сварки, пайки и обработки материалов за счет плавного регулирования температуры в зоне нагрева обладают уникальными технологическими возможностями.

Принцип работы СЛУ основан на плавлении материалов под действием сфокусированного пучка света от мощного светового излучателя, например, дуговой ксеноновой лампы. При диаметре светового пятна 2 мм температура в зоне нагрева достигает 3000 °С.

НПФ «МГМ» (Москва) разработала базовый универсальный комплект СЛУ, состоящий

из светового излучателя, источника питания, блоков управления и водяного охлаждения.

Разработанные СЛУ обеспечивают:

- плавное регулирование и поддержание (программирование) заданной температуры в фокусной точке на изделии при выполнении технологических операций;
- снижение газообразования металла шва за счет незначительной ионизации газов, отсутствия электрических и магнитных полей в зоне нагрева;
- выполнение технологически сложных операций, например, сварку встык тонколистовых (0,9–1,0 мм) металлов со скоростью 10–60 м/ч;

■ сварку разнородных материалов (соединение стекла, керамики, стекла с металлом и т. п.);

■ пайку и термическую обработку металлов и материалов;

■ оплавление износостойких и коррозионно-стойких покрытий, например опорных шеек валов и других ответственных деталей, работающих в агрессивной среде;

■ повышение надежности и стабильности процесса сварки;

■ сварку низкоуглеродистых сталей на воздухе, без защитных газов.

Кроме того, использование СЛУ позволяет снизить стоимость в пять и более раз по сравнению с лазерной сваркой. Процесс характеризуется высоким энергетическим КПД, простотой в работе и обслуживании, является наиболее экологически чистым среди традиционных сварочных процессов.

Положительный опыт применения СЛУ накоплен при сварке и пайке труб горловин бензобаков, изделий из меди, алюминия, коррозионно-стойкой и углеродистой тонколистовой стали и других. ■ #114

\* А. Ф. Гордеев. Технология металлов. — № 11, 2000. — С. 8.

## Техническая характеристика:

Мощность, кВт	2	5	10
Диапазон регулирования температуры, °С	50–1400	100–2000	150–3000
Напряжение питания силовой сети, В	110; 220 (однофазная)	380; 440 (трехфазная)	
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	0,01	0,02	0,03
Потребляемая мощность, кВт	3,5	7,5	15,0
Масса, кг	30,0	85,0	150,0
Среднее время безотказной работы, ч	500	1000	1500
Срок службы, лет	5	6	6
Продолжительность нагрузки ПН, %	60	85	85
Частота питающей сети, Гц	50; 60	50; 60	50; 60
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	1,5	2,5	3,5



# Проблемы обеспечения изготовителей сварочных электродов сырьевыми материалами

П. В. Игнатченко, Ассоциация «Электрод» (Киев)

**К**ачество сырья, стабильность его поставок во многом определяют эксплуатационные и потребительские свойства готовой продукции. В условиях рыночной экономики, когда потребителю предлагают не только отечественные электроды, но и продукцию стран дальнего зарубежья, качество сырья становится решающим фактором в борьбе за конкурентоспособность.

**22–24 октября 2000 г.** Совет Ассоциации «Электрод» провел в Киеве совещание, посвященное состоянию обеспечения электродного производства сырьем. Цель совещания — восстановить контакты и сотрудничество между изготовителями электродов и поставщиками сырья для решения проблем качества в электродном производстве стран СНГ и повысить конкурентоспособность отечественных сварочных электродов.

В последние годы в условиях длительного экономического кризиса нарушились связи между производителями сварочных электродов и поставщиками сырья. Большинство поставок осуществлялось через посредников, что в значительной мере снижало ответственность непосредственных производителей сырья за качество своей продукции. Имели место случаи недобросовестного отношения посредников к своим обязательствам, что приводило к излишним затратам и не гарантировало поставку качественного сырья.

Положительные изменения общей экономической ситуации в странах СНГ создают предпосылки для восстановления и возобновления традиционного сотрудничества потребителя и поставщика.

В этом вопросе позиция Ассоциации «Электрод» и его Совета всегда была активной, последовательной и направленной на защиту не только прав производителей сварочных электродов, но и интересов потребителей готовой продукции.

В работе совещания приняли участие представители 42 заводов–изготовителей сварочных электродов, 15 предпри-

ятий–производителей сырья, а также институтов и организаций, занимающихся разработкой электродов и исследованиями новых видов сырьевых материалов. На совещании были представлены 16 докладов и сообщений.

Предприятия–изготовители сварочных электродов, входящие в состав Ассоциации «Электрод», планируют произвести в 2001 г. около 250 тыс. т электродов.

Исходя из этих данных, потребности электродного производства в основных сырьевых материалах составят: сварочной проволоки — 135,0 тыс. т; рутилового концентрата — 17,3 тыс. т; ильменитового концентрата — 6,9 тыс. т; мрамора — 13,1 тыс. т; плавикового шпата — 3,2 тыс. т; слюды мусковит — 3,0 тыс. т; железного порошка — 0,6 тыс. т; электродной целлюлозы — 0,75 тыс. т; силикатной глыбы — 8,0 тыс. т; магнезита — 1,5 тыс. т; среднеуглеродистого ферромарганца — 9,1 тыс. т; ферротитана — 0,95 тыс. т; ферросилиция — 1,1 тыс. т.

У изготовителей сварочных электродов много претензий к производителям сварочной проволоки как по качеству, так и по условиям поставок (цена, перебои в поставках). Назрела необходимость гармонизировать ГОСТ 2246 с Международными стандартами. Ассоциация «Электрод» планирует начать эту работу сразу вслед за актуализацией ГОСТ 9466.

В докладе Г. Н. Полищук (АО «Спецэлектрод», Москва) проанализировала преимущества и недостатки систем обеспечения электродного производства сырьем, применяемых до и после распада СССР. Объективно появившиеся посредники, с одной стороны, берут на себя проблему платежей, поставок, с другой, искусственно разрывают прямые контакты с поставщиком, обезличивают источники поставок, фальсифицируют информацию, изложенную в сертификатах, и др. Особенно опасная ситуация в связи с этим возникла с поставками ферросплавов (ферромарганца — с украинских заводов,

других видов — с Новолипецкого комбината). Опыт применения ферросплавов из Бразилии, Китая, Англии показывает, что их технологические свойства намного хуже отечественных, и не каждый электродный завод способен к этому приспособиться. Имеются претензии к химически очищенному концентрату плавикового шпата, производство которого необходимо усовершенствовать с целью улучшения и стабилизации его физических характеристик.

Современные требования к качеству электродов требуют пересмотра нормативной документации на многие виды сырья. Поскольку многие поставщики сырья разрабатывают ТУ на производимую ими продукцию, нужно принять порядок, при котором ТУ на сырье для электродного производства в обязательном порядке согласовывали бы с уполномоченной организацией. Это избавит заказчиков от многих проблем и будет соответствовать положениям международных стандартов серии ИСО 9000, согласно которым порядок выбора поставщиков и сведения о них, достаточные для гарантирования качества поставок, строго регламентированы.

Решению проблем обеспечения заводов–изготовителей электродов качественными сырьевыми материалами было посвящено выступление И. Р. Явдошина (ИЭС им. Е. О. Патона, Киев). Стремление многих производителей использовать дешевые заменители сырья для изготовления электродов привело в последние годы к существенному ухудшению их качества. Опыт сотрудничества ИЭС с украинскими производителями сварочных электродов показал, что при профессиональном подходе к выбору источника и вида сырья, соблюдении технологий производства возможно использование регионального сырья для изготовления электродов без существенных изменений классического состава покрытия.

Установлено, что не все известняки пригодны для изготовления низковольтных электродов, поскольку потенци-

альное содержание водорода в них почти на порядок больше, чем в мраморе. Определенная осторожность требуется при использовании слюдяных концентратов вместо слюдяной муки. Хорошие технологические перспективы у очищенной карбоксилметилцеллюлозы, производимой ПО «Азот» (Днепродзержинск), и технической КМЦ производства Каменск-Шахтинского завода. Существенное повышение качества электродов может быть достигнуто при организации централизованного производства жидкого стекла на одном из заводов, как это делается в Европе.

**М. И. Кучерова** (Электродный завод, С.-Петербург) сообщила о результатах испытаний мрамора Перченского месторождения, проведенных в ЦНИИ «Прометей», который оказался прочнее Козлинского, но обеспечивает лучшие технологические свойства обмазочной массы, а также ферротитана из Англии, применение которого требует корректировки состава покрытия и технологии изготовления низководородных электродов.

**В. Н. Биленко** (коммерческий директор Вольногорского ГМК) охарактеризовал возможности предприятия в производстве рутила и ильменита, сообщил порядок оформления и стоимость поставок этих материалов потребителям в Украине, странах СНГ и дальнего зарубежья. В период отсутствия достаточного объема оборотных средств комбинат пользовался услугами посредников, которые, как выяснилось, пытались организовать поставку рутила и ильменита из «хвостов» основного производства. Появились претензии к качеству титаносодержащего сырья для электродного производства. Сегодня комбинат предлагает всем «электродчикам» работать напрямую. Через посредников будет дороже и без гарантии качества.

**В. А. Тимошенко** (начальник сбыта ОАО «Запорожский завод ферросплавов») подробно изложил ситуацию, которая сложилась с производством и поставками ферромарганца. Учитывая увеличение спроса, завод наладил технологию производства и начал поставлять в страны СНГ ферромарганец с ограниченным содержанием углерода (не более 1,5%) и фосфора (не более 0,032%). Для этого используют импортную руду и обходятся одним переделом (ранее из отечественной руды готовили рафинированный шлак). Рассказал о порядке формирования и выполнения заказов, назвал

цены на обычный и чистый ферромарганец, стандартный ферросилиций, коснулись возможностей производства гранулированных ферросплавов. По требованиям заказчиков отдельные виды продукции сертифицируют, на некоторые выдают гигиенический сертификат. В 2001 г. технические службы завода планируют внедрить систему качества по ИСО 9000.

**Н. С. Орманова** (Хайдарканский РГАО, Кыргызстан) в своем докладе охарактеризовала основное направление производственной деятельности (изготовление флюоритового концентрата) и статус предприятия. Флюоритовый концентрат извлекают как побочную продукцию из «хвостов» основного производства и подвергают дополнительной химической очистке. Ведутся работы по стабилизации технологических характеристик продукции. Чтобы удешевить и упростить доставку продукции заказчикам в странах СНГ, руководство комбината решило создать в Москве представительство — ООО «ОСТЕР СТ», которое будет поставлять концентрат в невозвратных легких контейнерах вместимостью 1–1,2 т.

**И. А. Очаков** (ОАО «Ключевской завод ферросплавов», Двуреченск, Свердловской обл.) сообщил, что завод сегодня производит более 30 наименований уникальных ферросплавов: хром металлический алюминотермический, феррохром углеродистый и безуглеродистый, феррониобий, ферровольфрам, силикокальций, силикованадий, ферросилицирконий, модификатор магнитосодержащий, ферротитан и другие сплавы и лигатуры, пользующиеся большим спросом у металлургов и изготовителей электродов. Плановая мощность предприятия по ферротитану составляет 6000 т. Технические возможности предприятия позволяют выполнить все реальные требования заказчиков и обеспечить производителей электродов ферросплавами в полном объеме. Завод готов поставлять ферросплавы в порошкообразном виде.

**В. П. Падерин** (ОАО «Малышевское рудоуправление», Асбест, Свердловской обл.) изложил цели создания и историю развития предприятия, перечислил номенклатуру основных видов продукции. То, что поставляется «электродчикам» (слюдяные концентраты, полевошпатовое сырье), получают в процесс вторичной переработки «хвостов» основного производства. Запасы по слюде — 50 и

даже 100 лет (в жилах содержится 7% слюды). Изготавливают три марки: слюдяной концентрат, СММ-160 и СМ-315Э по ГОСТ 14327-92. Ежегодная поставка 3000 т концентрата (способны делать около 1000 т в месяц).

Пожалуй, впервые за многие десятилетия специалисты, представляющие изготовителей электродов и поставщиков сырья, напрямую, без посредников рассматривали проблемы, в решении которых обоюдно заинтересованы: одни — в стабильных поставках сырья требуемого качества и по доступным ценам, другие — в постоянном, предсказуемом и стабильном спросе на поставляемые материалы, а также в информации об ожидаемых изменениях рынка, на который они ориентируются. Такая схема взаимоотношений считается классической в рыночных условиях. ■ #115

# 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 ФАКЕА



**Звоните:** (0562) 35-12-28  
**Факс:** (0562) 34-56-33  
**E-mail:** aga@aga.dp.ua  
**Адрес:** 49074 Днепрпетровск, ул. Кислородная, 1

## ПРОМТЕХЭКСПО-2001

Сибирский промышленно-инновационный форум «Промтехэкспо», организованный Международным выставочным центром «ИнтерСиб», прошел в Омске 20–23 марта 2001 г. Форум стал крупным событием для промышленных предприятий. В его выставках участвовали более 170 экспонентов из 25 регионов России и Казахстана. Москва, Воронеж, Екатеринбург, Ижевск, Иркутск, Нижний Новгород, Пермь, Санкт-Петербург, Челябинск, Уфа и др.

Основной идеей форума стало предоставление уникальной возможности промышленным предприятиям региона продемонстрировать свои возможности и достижения. На выставках были представлены Омские предприятия: ПО «Электроточприбор», Омское машиностроительное конструкторское бюро, насосный завод «Взлет», АО «Сатурн», Омский НИИ приборостроения, Омский завод подъемных машин, ПФ «Октан», УП «Водоканалавтоматика» и др.

Форум-2001 включал несколько тематических промышленных выставок. Инновационные проекты, высокие технологии были представлены на стендах ОАО «Рыбинские моторы» и екатеринбургской компании «Темерсо», вошедших в экспозицию выставки ИН-ЭКСПО.

Выставка ЭНЕРГОСИБ объединила предприятия, работающие для энергетического комплекса. Отдельное направление ЭНЕРГОСИБа — проекты в области энергоресурсосбережения, которые продемонстрировала фирма «Энергопром-Стройзащита» из Челябинской области, гости из Санкт-Петербурга (АО «Экрос») показали новые образцы лабораторного оборудования, Свердловский завод трансформаторов тока и петербургское ЗАО «Взлет» посвятили свои стенды контрольно-измерительной аппаратуре, средствам автоматизации и приборам учета и регулирования.

Высокие технологии металлообработки нашли свое место в экспозиции Научно-производственного объединения «Импульсные технологии» из Томска. Предприятие участвовало в тематической выставке СИБЗАВОД, которая включала разделы, посвященные машиностроению, станкам, запчастям, инструментам, измерительной и прецизионной технике.

На выставке «ЭЛЕКТРОНИКА. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ» наряду с электронной техникой были продемонстрированы приборы, батареи, кабели, элементная база. Разработки в области производства регулируемых электроприводов переменного и постоянного тока представляло предприятие «Эрасиб» (Новосибирск). С современными компьютерными системами диагностирования и обслуживания вращающегося оборудования участников и посетителей вы-

ставки знакомила фирма «Промсервис» из Ульяновской области.

Специализированная выставка ОМСК-ГАЗНЕФТЕХИМ стала местом знакомства и налаживания контактов предприятий, работающих в сферах нефтедобычи, нефтехимии, газификации и экологии. На технологиях очистки коммунальных, промышленных и нефтесодержащих сточных вод специализируется московское предприятие «Комплект-Экология», чей стенд рассказывал о реализации проектов строительства и реконструкции существующих сооружений. В этой выставке приняли участие Барнаульский завод «АТИ», екатеринбургские предприятия «Промприбор», «Релтек» и «Инколл», московский «Электрозавод», «Усть-Каменогорский конденсаторный завод», ижевское предприятие «Редуктор», основанное в 1898 г., и др.

Легкосплавные бурильные трубы, продукция листопрокатного производства, алюминиево-литиевые сплавы, штамповки любой конфигурации и другие виды постоянно востребуемой на рынке продукции демонстрировал Каменск-Уральский металлургический завод. Отличительная особенность всей продукции КУМЗ — качество, основанное на применении технологий ВПК (завод первоначально производил специальные изделия из металла для космической отрасли и самолетостроения).

Богатый опыт работы с высокими технологиями оборонного назначения позволил реализовать ОАО «Уралмаш» ряд конструкторских проектов: матчевые системы освещения высотой до 35 м, опоры ЛЭП П35–П110 и У35–У110. Профессиональная деятельность завода подтверждена германским сертификатом DVS-ZERT.

Парогазовая установка ПГУ-325, предназначенная для нужд нефтегазовой промышленности, была отмечена многими специалистами как новая наукоемкая продукция. Примечательно, что ПГУ-325 создана крупнейшим отечественным предприятием «Рыбинские моторы», расширяющим спектр выпускаемых силовых агрегатов.

Кульминацией форума стала торжественная церемония награждения победителей выставок. После рассмотрения 48 заявок, поступивших на участие в конкурсе, определились 26 дипломантов. Председатель комиссии по награждению дипломами Оргкомитета и МВЦ «ИнтерСиб» д-р техн. наук, доцент кафедры автоматических установок ОмГТУ В. Л. Ланшаков отметил высокий уровень проводимого ежегодно Сибирского промышленно-инновационного форума и его возрастающий престиж для российских производителей. На очередном Сибирском промышленно-инновационном форуме в 2002 г. будут продолжены традиции делового сотрудничества, укрепления межрегиональных связей, сближения интересов производства и науки, внедрения новейших технологий.

Пресс-служба МВЦ «ИнтерСиб»

## Научно-практический семинар по электродному производству

16–18 апреля в Судиславле Костромской области на базе электродного завода ООО «Ротекс-К» прошел научно-практический семинар «Металлические электроды для сварки и наплавки», организованный Ассоциацией малых и средних электродоизготавливающих предприятий (председатель Совета акад. МАК и МАИ В. И. Кочкин). В работе семинара приняло участие 49 руководителей и специалистов из 28 организаций и предприятий 23 городов России, Украины и Казахстана, в т. ч. Москвы, С.-Петербурга, Н. Тагила, Тюмени, Екатеринбурга, Волгограда, Костромы, Запорожья, Днепропетровска, Экибастуза.

С приветствием к участникам семинара обратились первый заместитель главы администрации Костромской области Ю. Ф. Цикунов, вице-президент РНТСО, главный редактор журналов «Сварочное производство» и «Технология машиностроения» докт. техн. наук В. А. Казаков, заместитель председателя Союза строителей Костромской обл. Т. А. Соколова. На семинаре были представлены доклады и сообщения о новых видах оборудования, приборов контроля и электродов, о стратегии обеспечения качества продукции, опыте зарубежных поставок электродоизготавливающего оборудования и другие. Участники семинара детально ознакомились с работой нового оборудования для изготовления электродов, разработанного ООО «Ротекс-К», головные образцы которого эксплуатируют в новых цехах ООО «Ротекс-К» в Судиславле:

- электродообмазочного агрегата производительностью 5 тыс. т электродов в год;
- быстродействующего противоточного смесителя на 120 кг шихты;
- сушильно-прокалочного конвейера на температуру 180°C, обеспечивающего проведение полного цикла термообработки электродов с рутиловым или ильменитовым покрытием и сушку электродов с основным покрытием;
- установку для упаковки ящиков и короб в термоусадочную пленку;
- установки для рекуперации сырых и прокаленных электродов;
- прибора для контроля разнотолщинности электродного покрытия.

Все участники семинара получили справочно-методическую литературу по электродному производству, подготовленную и изданную методическим кабинетом ООО «Ротекс-К».

На заседании Ассоциации малых и средних электродоизготавливающих предприятий, которое прошло во время работы семинара, в нее были приняты новые организации.

**З. А. Сидлин, д-р техн. наук, ООО «Ротекс-К» (Москва)**

## К 60-летию со дня рождения Г. И. Лашенко



**Исполнилось 60 лет известному специалисту в области сварки кандидату технических наук, первому заместителю генерального директора ОАО «Украинский конструкторско-технологический институт сварочного производства» Георгию Ивановичу Лашенко.**

Г. И. Лашенко родился 24 апреля 1941 г. в пос. Васильковка Днепропетровской обл. После окончания в 1961 г. Днепропетровского сварочного техникума им. Е. О. Патона был направлен на работу в Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, где проработал до 1975 г., успешно закончив за это время Киевский политехнический институт.

С 1975 г. до настоящего времени Георгий Иванович работает в ОАО «УкрИСП»,

пройдя путь от заведующего сектором до первого заместителя генерального директора.

Под руководством Г. И. Лашенко и при его непосредственном участии выполнен значительный объем работ по разработке оригинальных технологий изготовления сварных конструкций и машин, по созданию средств комплексной механизации и автоматизации сварочного производства, в том числе серийного механического сварочного оборудования, а также оборудования для нанесения газотермических покрытий и др.

Георгий Иванович Лашенко — автор более 40 опубликованных работ и изобретений. Многие годы входил в состав редколлегии журнала «Сварочное производ-

ство», был председателем секции сварки НТО «Машпром» Украины. Награжден орденом Дружбы народов.

Профессионализм и трудолюбие, доброжелательность в общении снискали юбиляру признание и уважение коллег.

**Коллективы Института электро-сварки им. Е. О. Патона НАН Украины, ОАО «Украинский конструкторско-технологический институт сварочного производства», Совет общества сварщиков Украины, редакция коллегия и редакция журнала «Сварщик» сердечно поздравляют Георгия Ивановича Лашенко с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, новых творческих успехов и большого человеческого счастья.**

## К 60-летию со дня рождения Б. В. Семендяева



**16 мая 2001 г. исполнилось 60 лет известному в СНГ специалисту и организатору электродного производства — Борису Васильевичу Семендяеву.**

Трудовая биография Бориса Васильевича началась в мае 1959 г. на Ленинградском судостроительном заводе им. А. А. Жданова с рабочей специальности электросварщика. Затем последовал длительный, нелегкий, но плодотворный период времени, в течение которого он трудился на промышленных предприятиях и в строительных организациях города, совмещая работу с учебой.

Приобретенные знания, по крупицам накапливаемый опыт немедленно проверялись на практике и использовались при решении производственных, технических и хозяйственных задач, способствовали непрерывному повышению квалификации, профессионального мастерства, навыков технического и хозяйственного руководителя производства.

В течение 1968–80 гг. Борис Васильевич прошел путь от технолога до главного инженера Ленинградского опытного электродно-сварочного завода. И все это время его по-прежнему видели за партой тех или иных курсов повышения квалификации: технологов электродно-флюсового производства в ИЭС им. Е. О. Патона, финансо-

вых управленцев в финансово-экономическом институте и др. Серьезным подспорьем стали знания, приобретенные по специальности «Социология и социальная психология».

В 1983 г. Б. В. Семендяева назначили директором электродного завода. В должности руководителя этого предприятия (теперь это «Электродный завод», С.-Петербург) Борис Васильевич состоит до сих пор.

Начиная с 1973 г., деятельность Бориса Васильевича в качестве производственника дополняется научными исследованиями, которые он ведет, чтобы успешно решать ключевые производственные проблемы, опираясь на технически прекрасно оснащенные заводские лаборатории, используя опыт коллектива высококвалифицированных специалистов заводских технологических служб, и тесно сотрудничая с НИИ С.-Петербурга, Москвы и Киева. На базе этих исследований постоянно улучшается заводская технология изготовления электродов общего и специального назначения, непрерывно повышается уровень их качества и конкурентоспособности, совершенствуется технологическое оборудование. Разрабатываются и доводятся до промышленного производства новые марки электродов для сварки объектов тепловых и атомных электростанций. Завод является пионером в странах СНГ по разработке,

отладке и внедрению современных систем менеджмента качества, в области электродного производства, высокий уровень которых подтвержден самыми взыскательными сертификационными организациями и страховыми компаниями.

Результаты проведенных исследований и разработок изложены в 25 публикациях, а также обобщены в виде кандидатской диссертации, которая была успешно защищена в 1994 г. Новизна и полезность разработок подтверждены 10 патентами на изобретения.

Электродный завод, который возглавляет Б. В. Семендяев, был одним из инициаторов создания Ассоциации «Электрод», которая вот уже в течение 10 лет объединяет производственный и технический потенциал электроизготавливающих предприятий стран СНГ в решении проблем производства.

Свой юбилей Борис Васильевич встречает в расцвете творческих сил, с новыми идеями и замыслами.

**Совет Ассоциации «Электрод», редколлегия и редакция журнала «Сварщик» от души поздравляют юбиляра. Желаем Вам, Борис Васильевич, новых трудовых достижений, творческого долголетия, здоровья, счастья, а также благополучия Вам, Вашим родным и близким.**

# Элихью Томсон

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

**С**лава изобретателя стыковой контактной сварки закрепилась за выдающимся американским изобретателем Элихью Томсоном, автором 692 изобретений.



Элихью Томсон родился 29 марта 1853 г. в Манчестере (Великобритания). Когда ему исполнилось 5 лет, семья Томсонов переехала в США и поселилась в Филадельфии. Муниципальную школу Элихью закончил досрочно, а так как в Центральной высшей школе принимали только с 13 лет, то ему пришлось ожидать этого два года. Свободное время мальчик тратил

на различные опыты по механике и электричеству. В 11 лет он построил прибор оригинальной конструкции для получения электрического заряда трением.

С семнадцатилетнего возраста Томсон начал преподавать химию и механику в Центральной высшей школе в Филадельфии, а через несколько лет уже читал лекции во Франклиновском институте.

Преподавательская деятельность молодого Томсона была настолько выдающейся, что в 20 лет он становится профессором-ассистентом, а в 23 года — полным профессором.

В феврале 1877 г. во время одной из лекций Томсон, как обычно, демонстрировал зарядку конденсатора (лейденской банки) от искровой катушки. Неожиданно у него мелькнула мысль: что случится, если заряд пойдет обратно при разрядке конденсатора на катушку? В его лабораторной установке вторичная обмотка катушки была сделана из тонкой проволоки, а первичная — из толстой. Томсон скрутил между собой концы толстого провода, а вторичную тонкую обмотку подключил под напряжение. Разряд тока через тонкую обмотку вызвал ток большой силы в первичной обмотке, и скрученные концы сплавившись: именно там было наибольшее сопротивление и выделилось наибольшее количество теплоты.

В то время Томсон был увлечен созданием источников питания дуговых ламп и в 1880 г. совместно с Э. Дж. Хаустоном организовал фирму по производ-

ству оборудования для электрического освещения. Процветанию фирмы способствовал изобретательский ум Томсона.

В свою очередь у изобретателя появились все условия для интенсивной и эффективной деятельности. В короткое время он разрабатывает новые типы дуговых ламп, коммутирующую аппаратуру, динамо-машину переменного тока, трансформатор большой мощности и, наконец, специальные токоподводящие зажимы. Таким образом, в 1884 г. Томсоном были созданы все необходимые для контактной (стыковой) сварки элементы оборудования. В 1885 г. он отработывает технику сварки, доводит до безотказной работы сварочную аппаратуру, в 1886 году подает заявку и получает два патента США: на технологию и на аппаратуру. Патенты касались стыковой сварки двух заготовок одинакового сечения. Впервые в практических целях стыковую сварку сопротивлением (она получила название «сварка накаливанием») применил Александр Сименс для соединения внапуск телеграфных кабелей (с косым срезом торцов). Экспериментальные работы в области стыковой сварки сопротивлением были развернуты и другими американскими изобретателями, вскоре коллега Э. Томсона Чарльз Коффин получил патент на процесс и оборудование для стыковой сварки оплавлением.

В течение короткого времени Томсон, Коффин, Девейн, Лемп, Расмуссен и другие получили около 150 патентов, относящихся к контактной сварке (гибкий токоподвод, изностойкие токоподводящие зажимы, минимальные переходные электрические сопротивления и др.). В 1892 г. способом Томсона впервые в мире были сварены железнодорожные рельсы. Через несколько лет таким способом удлиняли трамвайные рельсы во многих городах США.

Э. Томсон сделал несколько научных открытий, в списке его изобретений электрический локомотив, контроль управления электропоездами, система городской электрической железной дороги, электрический счетчик, двигатель переменного тока, стереоскопические методы в фотографи-

ровании с помощью рентгеновских лучей, изготовление кварцевого стекла для телескопов и др. Он изобрел установку для непрерывной сепарации веществ различной плотности. Эта машина немедленно получила широкое признание и вскоре была внедрена на маслобоянях. Двигатель переменного тока системы Томсона, возможно, стал наиболее весомым вкладом в развитие современной промышленности (после контактной сварки).

В 1892 г. кампания «Томсон-Хьюстон Электрик компани» объединилась с компанией «Эдисон Электрик компани», основанной другим выдающимся американским изобретателем — Т. А. Эдисоном. Вновь созданная фирма получила название «Дженерал Электрик». Эдисон, обидевшись, что его имя исчезло с вывески, ушел из новой кампании. Ее президентом стал Ч. Коффин, а профессор Э. Томсон был назначен техническим директором. Научно-исследовательская лаборатория фирмы вскоре получила признание во всем мире и стала называться «Лаборатория Томсона».

В понедельник, 15 марта 1937 г. в г. Линн смолкли станки на заводах, прервали работу все учреждения, а в 14 часов 30 минут тишину разорвали протяжные гудки. Америка прощалась с профессором Элихью Томсоном.

Его открытия в науке и заслуги в области изобретательства были признаны университетами, ведущими научными обществами и правительствами ряда стран. Он имел почетные академические степени ряда университетов США и Англии, многочисленные награды.

Никто из ученых в мире, кроме Томсона, не был отмечен сразу тремя академическими медалями Англии: Хьюджеса (Королевским обществом), лорда Кельвина (от имени всех технических и инженерных обществ Англии) и Фарадея (Институтом инженеров-электриков Англии), а также несколькими медалями научных обществ и университетов США, медалью инженеров Германии и многих выставок.

Профессор Томсон активно участвовал в работе многих научных и академических обществ и организаций. ■ #116