



№ 5 (21) 2001

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Журнал выходит 6 раз в год

Издается с апреля 1998 г.

Подписной индекс 22405

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

**Издатель:** ГВП «Экотехнология»

**Издание журнала поддерживают:** 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

**Редакционная коллегия:**  
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

**Главный редактор** К. А. Ющенко

**Заместители главного редактора** Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушный

**Редакционная группа:**

**Литературный редактор** А. Л. Берзина

**Ответственный секретарь** Т. Н. Мишина

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

**Распространение** В. О. Кочубей

**Компьютерный набор** А. Е. Рублева

**Верстка и компьютерная обработка** Т. Д. Пашигорова

**Адрес редакции** 03150 Киев, ул. Горького, 62

**Телефон** (044) 268-3523, 227-6502

**Факс** (044) 227-6502

**E-mail** welder@svitonline.com

**Http** //www.enteco.kiev.ua/welder/

**Представительство в Беларуси** Минск, Вячеслав Дмитриевич Сиваков  
(017) 213-1991, 246-4245

**Представительство в России** Москва, Александр Николаевич Тымчук  
(095) 728-0134  
ООО «АНТ «Интеграция»

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 25.09.2001. 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> .....	<b>3</b>
<b>Производственный опыт</b>	
■ Преимущества механизированной сварки конструкционных сталей в смесях защитных газов на основе аргона. <i>С. Т. Римский, В. И. Галинич, И. Я. Филинок</i> .....	<b>6</b>
■ Сварочно-ремонтные технологии восстановления работоспособности элементов энергетического оборудования ТЭС. <i>Ф. А. Хромченко</i> .....	<b>8</b>
<b>«Сварщик» в Беларуси</b>	
■ Гибкие автоматические сварочные машины нового поколения для изготовления арматурных сеток, плоских и пространственных каркасов. <i>В. К. Шелег, Б. П. Ногаев, С. П. Разунович, В. А. Цыганов</i> .....	<b>12</b>
■ Фильтровентиляционная установка для очистки воздушных выбросов от пыли и аэрозолей при сварке и пайке. <i>Б. М. Гостинщиков, А. Б. Тарасова, А. С. Зайцева</i> .....	<b>13</b>
■ Новое оборудование для газопламенного напыления полимерных покрытий. <i>М. А. Белоцерковский, А. В. Федаравичус</i> .....	<b>14</b>
■ Ультразвуковая сварка светотехнических устройств. <i>А. С. Еремеев, В. В. Клубович, В. Ф. Луцко, В. Н. Сакевич</i> .....	<b>16</b>
<b>Наши консультации</b> .....	<b>30</b>
<b>Технологии и оборудование</b>	
■ Промышленные роботы в сварочном производстве. <i>В. Н. Бернадский</i> .....	<b>32</b>
■ Расчеты и практические приемы доводки физико-химических характеристик жидких стекол в электродном производстве. <i>Н. В. Скорина, А. Е. Марченко, П. А. Косенко</i> .....	<b>35</b>
<b>Некролог</b>	
■ Памяти И. И. Суцук-Слюсаренко .....	<b>38</b>
■ Памяти В. П. Николаенко .....	<b>38</b>
<b>Стандартизация</b>	
■ Забезпечення якості виконання технічних робіт (послуг) для зварювального виробництва — проблема управління якістю зварних конструкцій. <i>Ю. К. Бондаренко, О. В. Ковальчук</i> .....	<b>39</b>
<b>Качество в сварочном производстве</b>	
■ Опыт концерна по разработке и внедрению системы качества в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001. <i>Д. В. Дворак</i> .....	<b>42</b>
■ Современный подход к производству — удовлетворение требований потребителей на базе действующей системы качества. <i>Б. В. Семедняев</i> .....	<b>44</b>
<b>Из истории сварки</b>	
■ Анри Луи Ле Шателье, Шарль Пикар и Эдмонд Фуше. <i>А. Н. Корниенко</i> .....	<b>46</b>

# 2001

# Сварщик

Інформаційно-технічний журнал

Технології  
Виробництво  
Сервіс



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

№ 5 (21) 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

### Розповсюдження

В. О. Кочубей

### 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 Беларусі

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

### Представництво в Росії

Москва, Олександр Миколайович Тимчук  
(095) 728-0134  
ТОВ «АНТ «Інтеграція»

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. Літсування з читачами тільки на сторінках журналу. У разі використання матеріалів у будь-якій формі посилання на «Сварщик» обов'язкове.

Підписано до друку 25.09.2001. Формат 60x84 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

<b>Новости техники и технологии</b> .....	3
<b>Виробничий досвід</b>	
■ Переваги механізованого зварювання конструкційних сталей у сумішах захисних газів на основі аргону. С. Т. Римський, В. І. Галініч, І. Я. Філінюк .....	6
■ Зварювально-ремонтні технології відновлення роботоздатності елементів енергетичного устаткування ТЕС. Ф. А. Хромченко .....	8
<b>«Сварщик» в Беларусі</b>	
■ Гнучкі автоматичні зварювальні машини нового покоління для виготовлення арматурних сіток, плоских та просторових каркасів. В. К. Шелег, Б. П. Ногасєв, С. П. Разунович, В. А. Циганов .....	12
■ Фільтровентиляційна установка для очищення повітряних викидів від пилу та аерозолів при зварюванні та паянні. Б. М. Гостинщиков, А. Б. Тарасова, А. С. Зайцева .....	13
■ Нове обладнання для газополум'яного напильовання полімерних покриттів. М. А. Білоцерковський, А. В. Федаравічус .....	14
■ Ультразвукове зварювання світотехнічних пристроїв. А. С. Еремєєв, В. В. Клубович, В. Ф. Луцько, В. Н. Сакєвич .....	16
<b>Наші консультації</b> .....	30
<b>Технології та обладнання</b>	
■ Промислові роботи в зварювальному виробництві. В. М. Бернадський .....	32
■ Розрахунки та практичні заходи доведення фізико-хімічних характеристик рідких стеклов в електродному виробництві. М. В. Скорина, А. Ю. Марченко, П. О. Косенко .....	35
<b>Некролог</b>	
■ Пам'яті І. І. Суцукі-Слюсаренко .....	38
■ Пам'яті В. П. Ніколаєнко .....	38
<b>Стандартизація</b>	
■ Забезпечення якості виконання технічних робіт (послуг) для зварювального виробництва — проблема управління якістю зварних конструкцій. Ю. К. Бондаренко, О. В. Ковальчук .....	39
<b>Якість у зварювальному виробництві</b>	
■ Досвід концерну з розробки та впровадження системи якості відповідно до вимог стандарту ISO 9001. Д. В. Дворак .....	42
■ Сучасний підхід до виробництва — задоволення вимог споживачів на базі діючої системи якості. Б. В. Семєндяєв .....	44
<b>3 історії зварювання</b>	
■ Анрі Луї Ле Шательє, Шарль Пікар та Едмонд Фуше. О. М. Корнієнко .....	46

## CONTENTS

<b>New in Equipment and Technology</b> .....	3
<b>Industrial experience</b>	
■ Advantages of GMAW of construction steels in argon-based shielding gas mixtures. S. T. Rimskiy, V. I. Galinich, I. Ya. Filoniuk .....	6
■ Welding repair technologies on renovation of efficiency of elements of power plant energy equipment. F. A. Chromchenko .....	8
<b>«Svarshchik» in Byelorussia</b>	
■ Flexible automatic welding machines of new generation for manufacture of armature nets, flat and spatial frameworks. V. K. Sheleg, B. P. Nogaev, S. P. Razunovich, V. A. Tsiganov ..	12
■ Filter-ventilation machine for cleaning of welding and brazing air kicks from dust and aerosols. B. M. Gostinshchikov, A. B. Tarasova, A. S. Zaitseva .....	13
■ New equipment for gas-flame spattering of polymeric coatings. M. A. Belotserkovskiy, A. V. Fedaravichus .....	14
■ Ultrasonic welding of lighting equipment. A. S. Eremeev, V. V. Klubovich, V. F. Lutsko, V. N. Sakevich .....	16
<b>Our consulting</b> .....	30
<b>Technology and Equipment</b>	
■ Industrial robots in welding production. V. N. Bernadskiy .....	32
■ Calculations and practical techniques of finishing of physical-chemical characteristics of liquid glasses in electrode production. N. V. Skorina, A. Ye. Marchenko, P. A. Kosenko .....	35
<b>Necrologue</b>	
■ In memory of I. I. Sushchuk-Slusarenko .....	38
■ In memory of V. P. Nikolaenko .....	38
<b>Standardization</b>	
■ Provision of quality of technical works (services) for welding production as a problem of welded constructions quality management. Yu. K. Bondarenko, O. V. Kovalchuk .....	39
<b>Quality in welding production</b>	
■ The concern's experience on development and implementation of quality system according to the demands of ISO 9001. D. V. Dvorak .....	42
■ Contemporary approach to the production is a satisfaction of customer's demands based on active quality system. B. V. Semendiaev .....	44
<b>From history of welding</b>	
■ Henry Louis Le Chatelier, Charles Picard, Edmund Fouche. A. N. Kornienko .....	46

# НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

## Нанесение износостойких покрытий путем оплавления порошковой шихты разогретой заготовкой

Одним из наиболее перспективных способов повышения срока службы деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, является наплавка износостойких покрытий путем погружения разогретой детали в порошкообразную шихту. Это позволяет получать детали с более высокими эксплуатационными свойствами за счет улучшения структуры получаемого покрытия и увеличения адгезионной прочности.

В ИНДМАШ НАНБ разработан ряд технологий, реализующих данный способ на практике. Одна из них — технология нанесения покрытий на поверхность зуба землеобрабатывающей машины с помощью электротермического оборудования. В качестве присадочного материала используют смесь порошков на основе никеля и железа.

В процессе наплавки деталь разогревают до температуры, превышающей

температуру плавления порошка, но ниже температуры плавления детали, а затем погружают в емкость с порошкообразной шихтой. При этом частицы порошка вблизи поверхности детали расплавляются, а получившийся расплав под действием сил поверхностного натяжения образует на ней слой присадочного материала.

Было обнаружено, что полученное покрытие обладает более высокой твердостью (65 HRC<sub>3</sub>) по сравнению с основным металлом, а также большей прочностью сцепления в сравнении с другими известными способами нанесения покрытия.

Таким же образом наносили покрытия на изношенную поверхность пальца механизма стабилизации подвески тепловоза. В качестве присадочного материала использовали шихту из самофлюсующихся порошков на железной основе. Полученное покрытие также имело более высокие характеристики по сравнению с покрытиями, полученными ранее известными способами.

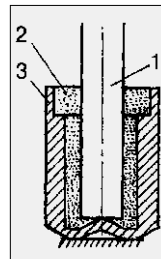
Толщину получаемого покрытия можно регулировать за счет температуры нагрева заготовки. Расчетное соотношение для выбора температуры нагрева

упрочняемых деталей можно получить из уравнения теплового баланса.

При данном способе значительно сокращается длительность пребывания порошкового материала в расплавленном состоянии, что позволяет сохранить его наследственные свойства. Практически полностью предотвращается выгорание легирующих элементов и протекание разупрочняющих процессов в материале покрытия.

Преимущества данного способа: кратковременность процесса нагрева, возможность локального упрочнения или восстановления поверхности детали, нанесение покрытий без использования защитной атмосферы, возможность автоматизации процесса при серийном восстановлении или изготовлении деталей. Материалы покрытий не ограничиваются фракцией, композиционным составом, допускается использование смесей металлических порошков с неметаллическими включениями типа карбидов, боридов, оксидов.

**Ю. Н. Гафо, НИИ порошковой металлургии (Минск), И. В. Широкий, А. В. Сосновский, И. А. Сосновский, Институт надежности машин НАН Беларуси (Минск)**



**Наплавка зуба:**  
1 — наплавляемый зуб;  
2 — порошковая шихта;  
3 — стакан

## Источники обеспечения сварки газовыми смесями

В мировой и отечественной практике для полуавтоматической и автоматической сварки все чаще применяют газовые смеси аргона с углекислым газом в разном соотношении. Использование газовой смеси в определенном соотношении (например, 80 к 20%) обеспечивает стабильное качество металла шва. При этом:

- уменьшается на 10–15% расход электроэнергии и сварочных материалов;
- возрастает примерно в два раза производительность сварки и исключаются работы по зачистке свариваемых элементов от шлака и брызг металла;
- увеличивается глубина провара шва и улучшается форма шва;
- улучшаются условия труда сварщиков благодаря уменьшению выделения сварочных аэрозолей.

В отечественной практике наиболее распространенным источником газовой смеси являются баллоны вместимостью 40 л,

заправляемые на специализированных заводах технических газов. Недостатки этого:

- малое количество смеси в баллоне (до 6 м<sup>3</sup>), что вызывает необходимость частой смены баллонов или подключения большого их количества;
- повышенные затраты на транспортировку баллонов;
- неполное использование смеси из баллона в связи с необходимостью обеспечить остаточное давление.

Альтернативным вариантом баллонному снабжению является подача смеси из блока, состоящего из станций газификации привозного жидкого аргона, жидкого углекислого газа и станции смешения. Такой блок создают на производственной площадке у потребителя, куда доставляют аргон и углекислый газ в виде жидкости, что является самым экономичным и безопасным способом транспортировки. Газификация аргона и углекислого газа происходит под низким давлением, соответствующим рабочему, что исключает опасность и неудобства, связанные с работой при высоком давлении. Станция смешения

обеспечивает хорошее качество подготовки смеси и поддержание требуемого соотношения вне зависимости от расхода газа. Станции газификации могут быть сконструированы и так, чтобы обеспечивалась непрерывная подача газов на смеситель, без остановки на заправку, регламентное обслуживание или текущий ремонт.

При использовании блока снабжения смесью на предприятиях, удаленных от специализированных заводов технических газов, обеспечивается большая экономия средств, поскольку один кубометр смеси, полученной в блоке, в 3–10 раз дешевле одного кубометра смеси в баллоне.

Фирма «Пуск» разработала и построила на заводе «Катерпиллар-Тосно» (г. Тосно, Ленинградская область) блок обеспечения газами и газовыми смесями сварочного цеха и всего производства. На основе анализа работы блока газоснабжения специалистами фирмы выработаны комплексные подходы обеспечения сварки газовыми смесями.

**Я. Л. Гальперин, Л. Б. Сироткин, ООО «Пуск» (С.-Петербург)**

## Горелки для механизированной дуговой сварки

ОАО «Ильницкий завод механического сварочного оборудования» специализируется на выпуске сварочных горелок для механизированной дуговой сварки. Многолетний опыт производства горелок, а также постоянное сотрудничество со специалистами заводов-потребителей позволяют улучшать качество и надежность выпускаемой продукции.

Начиная с середины 90-х гг., на заводе ведут работы по разработке конструкции и внедрению в производство сварочных горелок нового поколения, принципиально отличающихся от разработанных ранее. Одним из наиболее ярких и удачных представителей таких горелок являются горелки моделей ИГДГ-303 и ИГДГ-303Е.

Горелки предназначены для дуговой сварки стальной сплошной электродной проволокой в среде защитных газов во всех пространственных положениях. Номинальный сварочный ток при сварке в среде CO<sub>2</sub> равен 315 А, при сварке в среде газовой смеси аргона и CO<sub>2</sub> — 260 А.

В конструкции горелок предусмотрены как штекерный разъем (ИГДГ-303) с диаметром хвостовика 12 или 15 мм, так и ввроразъем (ИГДГ-303Е), поэтому их

можно применять в комплекте с полуавтоматами иностранных фирм.

Конструкция горелок разработана на базе нового сварочного коаксиального кабеля КПЭСГ 1×35+3×0,35+7,5. Соединение стренг кабеля с токоведущими частями горелки выполняют механическим способом при помощи зажима стренг между конусами. Это обеспечивает надежное заземление стренг, что ведет к уменьшению переходного сопротивления, вследствие чего интенсивность нагрева уменьшается. В случае повреждения соединения (обрыв стренг, разгерметизация канала подачи защитного газа, обрыв проводов управления и др.) ремонт может быть выполнен в любой мастерской без применения специального оборудования или оснастки. Новый способ крепления сопла обеспечивает надежную его фиксацию в требуемом положении. Смену сопла выполняют быстро без применения вспомогательного инструмента.

Рукоятка горелки выполнена из стеклонаполненного полиамида с применением современных красителей и с учетом требований эргономики.

Сейчас завод приступил к разработке горелок для сварки на токах 400 и 500 А.

**В. И. Лендел, гл. конструктор,  
 ОАО «Ильницкий завод МСО»  
 (Ильница)**

## Резка и очистка водно-абразивной струей высокого давления

Совместное белорусско-германское предприятие «СПажытак» поставляет комплексы для водно-абразивной резки и очистки металлов, неметаллов, древесины и полимерных материалов.

Основой всех комплексов являются насосы высокого давления воды (до 375 МПа). Расход воды до 40 л/мин.

Скорость струи воды, формируемой специальными сапфировыми соплами, составляет две скорости звука, а ее диаметр от 0,5 до 2,0 мм. Способ позволяет чисто и гладко резать прочные и твердые материалы.

Стационарными установками с применением роботов и координатных столов можно резать материалы толщиной до 80 мм.

Скорость резки зависит от материала и его толщины (мм):

- титана (2,0) — 0,25 м/мин;
- стекла (8,0) — 0,20 м/мин;
- гранита (30,0) — 0,25 м/мин;
- стали (2,0) — 0,35 м/мин.

Для резки трубопроводов, емкостей, станин машин, очистки цистерн и нефтехранилищ, ремонта бетонных конструкций предлагают мобильную установку на базе насоса HUSKY S-200 (давление воды до 275 МПа, расход воды 24 л/мин).

Мобильная установка «Крот» позволяет с применением водной струи высокого давления прокладывать подземные коммуникации, например, трубопроводы диаметром до 220 мм на расстояние до 275 м на глубине до 15 м. Управляемый бур формирует стенки подземного канала с помощью специального раствора и втягивает в канал полиэтиленовые трубы при обратном ходе. Бестраншейная прокладка трубопровода менее трудоемка, чем прокладка традиционными методами.

**СП ООО «СПажытак» (Минск)**

## Установка ультразвукового автоматизированного контроля «УДК-06»

Предназначена для ультразвукового контроля качества сварных стыков труб малого диаметра из сталей перлитного класса, алюминиевых и титановых сплавов в энергетике, судостроении и других отраслях промышленности.

В основу работы установки положены эхо-зеркальный, эхо- и теневой методы ультразвуковой дефектоскопии.

Установка состоит из механизма сканирования с акустической системой, электронного блока и печатающего устройства.

Механизм сканирования захватного типа обеспечивает быстрое размещение и снятие акустической системы на контролируемом стыке с полем доступа длиной 50 мм по обе стороны от сварного стыка и расстоянием между соседними трубами не менее 30 мм.

Акустическая система представляет собой четырехэлементную систему, обеспечивающую прозвучивание всего сечения шва прямым лучом с четырех различных направлений при соотношении полезный сигнал/шум, равном 24 дБ, относительно отражателя в виде сквозного вертикального сверления диаметром 1,0 мм.

Электронный блок является четырехканальным дефектоскопом. С каждого канала информация преобразуется в цифровой код и обрабатывается микроконтролем по алгоритму, записанному в его памяти.

Установка выявляет поры диаметром от 0,6 мм, трещины и несплавления раскрытием 10–4 мм и более, непровары 0,5×1,0 мм и более с достоверностью 95%, распознает тип дефекта с достоверностью 90%. Следит за качеством акустического контакта. Результаты контроля регистрируются печатающим устройством на бумаге или передаются по каналу RS-232 в компьютер. Настройка параметром контроля беззатонная, автоматическая.

### Техническая характеристика:

Размер труб, мм . . . . . 25–108  
 Толщина стенки трубы, мм . . . . . 3–7  
 Частота колебаний, МГц . . . . . 2–5  
 Время контроля одного стыка, мин. . . 0,7  
 Габаритные размеры электронного блока, мм . . . . . 260×260×80  
 Масса электронного блока, кг. . . . . 3  
 УГМТУ им. С. О. Макарова  
 (Николаев)



## Источник питания КИУ-501

ОАО «КЗЭСО» освоил серийное производство универсального сварочного выпрямителя КИУ-501, предназначенного для механизированной сварки плавящимся электродом и ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Источник питания КИУ-501 является аналогом ВДУ-506 (шестифазная схема выпрямления с уравнительным реактором). Обладает новой схемой управления, разработанной КЗЭСО, которая выполнена на современной элементной базе и обеспечивает плавный пуск сварочного процесса в любом диапазоне сварочного тока, минимальное разбрызгивание и хорошие нагрузочные характеристики.

Выпрямитель КИУ-501 обеспечивает устойчивое горение дуги и позволяет

выполнять сварку проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм на токах от 50 А.

### Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А, при ПВ=60%	500
Предел регулирования сварочного тока, А	50-500
Напряжение холостого хода, В, не более	85
Предел регулирования рабочего напряжения, В	18-50
Максимальная потребляемая мощность, кВт, не более	40
Габаритные размеры, мм, не более	600×790×860
Масса, кг, не более	260

**С. В. Дух,**  
 ОАО «КЗЭСО»  
 (Каховка)



## Оборудование для плазменного упрочнения поверхностей деталей

Упрочнение поверхностей деталей с использованием плазменного нагрева является одним из наиболее доступных способов обработки с применением концентрированных потоков энергии. Эту технологию применяют как при ремонте, так и при изготовлении различных деталей (валы, оси, шпиндели, колеса и др.).

При плазменном упрочнении без оплавления различных металлов получают следующую микротвердость отдельных марок сталей (МПА):

45	8200-8500
9ХФ	9200-9400
30ХГСА	7100-7400
20	4100-4800
65Г	8900-9100
У8	9500-10300

Технологию плазменного упрочнения реализуют с применением различной плазменной аппаратуры, используемой обычно для сварки, наплавки, напыления, резки.

В ОАО «УкрИСП» разработан ряд модификаций оборудования для плазменного упрочнения деталей различного назначения.

Рабочее место РМПУ-01 для упрочнения стальных деталей типа тел вращения массой до 63 кг, длиной до 630 мм и диаметром до 360 мм спроектировано по модульному принципу и включает узел вращения, блок перемещения плазмотрона, плазменную аппаратуру, систему управления, фильтровентиляционный агрегат, металлоконструкцию.

Станок 004ПУ-1 предназначен для плазменного упрочнения цилиндрических и плоских деталей.

### Техническая характеристика станка 004ПУ-1:

Максимальная масса обрабатываемой детали, кг:	
в патроне	100
в патроне и заднем центре	200
Максимальный диаметр обрабатываемой детали, мм:	
над направляющей	500
над кареткой	400
Максимальная длина обрабатываемой детали, мм	800
Частота вращения шпинделя, об/мин	0,125-6,3; 0,5-25
Скорость перемещения каретки, мм/с	4-40
Габаритные размеры станка, мм:	
длина	2190
ширина	660
высота	1360
Масса, кг, не более	300

Станок оснащен фильтровентиляционным агрегатом и плазменной аппаратурой.

На базе серийного полуавтомата плазменного напыления мод. 15ВБ спроектирован полуавтомат плазменного упрочнения камерного типа мод. 15ВБ-У1.

### Техническая характеристика полуавтомата 15ВБ-У1:

Масса деталей, кг, не более:	
цилиндрических	100
плоских	250
Размеры цилиндрических деталей, мм:	
длина	63-1500
диаметр	20-320
Размеры плоских деталей, мм	63-1500×40-160
Частота вращения шпинделя, об/мин	0,125-63
Скорость перемещения плазмотрона вдоль оси шпинделя, мм/с	4-40
Габаритные размеры полуавтомата, мм	3850×5900×2500
Масса полуавтомата, кг, не более	4200

В качестве плазменной аппаратуры в указанном оборудовании используют установки «Киев-7», ТОПАС-40, ТОПАС-80, ТОПАС-100. По требованию заказчика может быть установлена другая плазменная аппаратура.

**Г. И. Лашенко,**  
 ОАО «УкрИСП» (Киев)

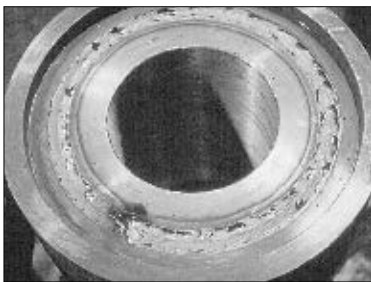
# Преимущества механизированной сварки конструкционных сталей в смесях защитных газов на основе аргона

С. Т. Римский, В. И. Галинич, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, И. Я. Филинюк, тех. директор, ЗАО «Кислородный завод» (Киев)

При механизированной сварке углеродистых и низколегированных сталей в качестве защитного газа наиболее распространен углекислый газ. Однако процесс сварки в этом газе наряду с неоспоримыми достоинствами имеет существенные недостатки, ограничивающие его использование при изготовлении металлоконструкций ответственного назначения, а также в тех случаях, когда одним из непрременных условий является аттестация продукции международными сертифицирующими организациями.

Недостатками сварки в углекислом газе являются большие потери электродного металла на разбрызгивание, засорение поверхности свариваемых изделий приваренными брызгами, низкое качество поверхности швов (неровности и грубая чешуйчатость), не всегда удовлетворительные показатели механических свойств металла швов, особенно ударной вязкости при отрицательных температурах.

Рис. 1. Внешний вид кольцевого шва на массивном изделии, сваренного в смеси  $Ar+25\%CO_2+5\%O_2$  проволокой диаметром 2,0 мм (сварочный ток 420 А, напряжение 32 В)



Отечественный и зарубежный опыт показывает, что одним из эффективных путей совершенствования механизированной сварки стали плавящимся электродом в окислительных защитных газах является использование смесей защитных газов взамен углекислого. Изменяя состав газовой среды, можно успешно решать задачи повышения эффективности сварки в защитных газах и качества сварных соединений.

Наиболее перспективными с точки зрения сочетания высоких сварочно-технологических характеристик и экономических показателей являются смеси аргона с окислительными газами (кислород, углекислый газ):  $Ar+20...25\% CO_2$  и  $Ar+20...30\% CO_2+3...7\% O_2$ . Такие смеси обеспечивают оптимальное сочетание сварочно-технологических характеристик, стоимости выполнения сварочных работ и качества сварных конструкций.

Следует отметить, что тройная смесь  $Ar+CO_2+O_2$  имеет более высокий окислительный потенциал по сравнению со смесью  $Ar+CO_2$  и обеспечивает повышенную стойкость швов против образования пор от азота. Поэтому ее применение предпочтительнее при сварке соединений с увеличенным зазором, металла со следами окалины, толстого металла на повышенных режимах проволоками больших

диаметров (рис. 1), а также в тех случаях, когда защита зоны сварки затруднена (например, сварка в монтажных условиях при скорости ветра менее 1,3 м/с).

По сравнению со сваркой в углекислом газе сварка в аргоновых смесях оптимального состава обеспечивает:

- снижение потерь электродного металла на разбрызгивание в 3–4 раза;
- снижение трудоемкости при зачистке основного металла от брызг в 8–10 раз;
- повышение производительности труда сварщиков на 10–20%;
- возможность использования импульсно-дугового процесса и технологических приемов, повышающих производительность сварочных работ (сварка на прямой полярности, удлиненном вылете, сварка на повышенной скорости);
- повышение показателей механических свойств металла шва, в том числе значения ударной вязкости при отрицательных температурах;
- улучшение санитарно-гигиенических и экологических характеристик процесса сварки.

К недостаткам сварки в аргоновых смесях относятся повышенное световое и тепловое излучения сварочной дуги и повышенная стоимость смесей.

Для сварки практически всех широко распространенных марок конструкцион-

Таблица 1. Механические свойства металла шва и наплавленного металла при сварке проволокой Св-08Г2С в смеси  $Ar+20\%CO_2$

Основной металл	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость (Шарпи), Дж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С			
							+20	-20	-40	-60
<i>Металл шва</i>										
Ст3сп (δ=20 мм)	280–290	26–28	423	552	25,5	67,0	96	70	41	—
Ст10ХСНД (δ=20 мм)	290–300	28–29	559	699	21,7	55,1	145	76	56	37
Ст09Г2 (δ=25 мм)	300–320	29–30	490	595	29,3	70,3	196	135	93	65
Ст09Г2С (δ=16 мм)	260–270	26–27	477	596	22,0	58,6	102	86	73	44
<i>Наплавленный металл</i>										
	280–290	27–29	410	525	33,1	69,2	170	118	89	68

Примечание. Механизированную дугую сварку выполняли на постоянном токе обратной полярности проволокой диаметром 1,2 мм. Расход защитного газа составлял 16–18 л/мин, вылет электрода 18–20 мм. Указаны средние значения по результатам испытаний 3–5 образцов.

ных низкоуглеродистых и низколегированных сталей в смесях  $Ar+CO_2$  и  $Ar+CO_2+O_2$  можно использовать стандартные сварочные проволоки Св-08Г2С и Св-08ГС по ГОСТ 2246 или их зарубежные аналоги, применяемые для сварки в  $CO_2$ . Соединения конструкционных сталей, сваренные в защитных газовых смесях на основе аргона стандартными сварочными проволоками, отличаются высокими показателями механических свойств. Особенно следует отметить высокие значения ударной вязкости металла швов при отрицательных температурах (табл. 1). Весьма высоки также показатели стойкости металла швов, сваренных в аргоновых смесях, против образования кристаллизационных трещин и зарождения и развития хрупкого разрушения. Улучшение механических и служебных свойств металла швов и сварных соединений, выполненных в смесях на основе аргона, происходит в результате снижения содержания кислорода в швах, образования благоприятной структуры и хорошего формирования швов. Использование аргоновых смесей позволяет достигать высоких значений хладостойкости и трещиностойкости металла шва при сварке с повышенным удельным тепловложением, что невозможно получить при сварке в углекислом газе.

Сварку в смесях  $Ar+CO_2$  и  $Ar+CO_2+O_2$  можно выполнять во всех пространственных положениях со сварочным оборудованием, аппаратурой и источниками питания для сварки в углекислом газе. При этом напряжение дуги должно быть на 2–3 В ниже по сравнению со сваркой в чистом  $CO_2$  при таком же сварочном токе и не превышать значений, обычно рекомендуемых для сварки в углекислом газе.

Технологические преимущества защитных смесей на основе аргона особенно заметно проявляются при значении сварочного тока, обеспечивающих струйный перенос электродного металла. В табл. 2 приведены значения критического сварочного тока, при котором наступает струйный перенос, для различных диаметров сварочной проволоки, полярности тока и с использованием импульсно-дугового процесса сварки (ИДС) в смеси  $Ar+20\% CO_2$ . Смесей на основе аргона позволяют выполнять сварку на постоянном токе прямой полярности и получать при этом хорошее формирование шва с небольшой долей участия в

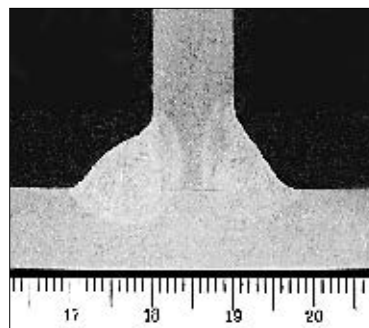
нем основного металла. При сварке на прямой полярности на 25–30% увеличивается производительность труда, например, при выполнении многопроходных швов на толстолистовом металле.

Улучшение формирования швов при сварке в смесях на основе аргона наблюдается в широком диапазоне режимов. Высота выпуклости шва заметно ниже, чем при сварке в углекислом газе (рис. 2), валик шва имеет плавный переход к основному металлу, формируется мелкочешуйчатая поверхность шва, аналогичная по внешнему виду поверхности швов, сваренных под флюсом (рис. 3). Благоприятная форма шва, малая высота выпуклости и пониженный уровень потерь электродного металла на разбрызгивание обеспечивают заметное уменьшение расхода электродной проволоки на единицу длины шва.

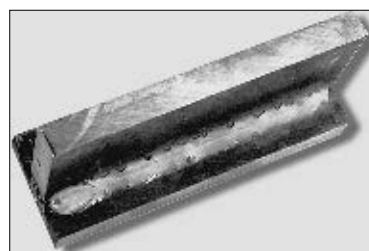
Сварка в аргоновых смесях в отличие от сварки в углекислом газе дает возможность использовать импульсно-дуговой процесс, при котором происходит мелкокапельный перенос электродного металла с частотой отрыва капель, соответствующей частоте наложения импульсов тока. Мелкокапельный перенос происходит при более низком среднем значении сварочного тока по сравнению с условиями струйного переноса электродного металла во время сварки без наложения импульсов (табл. 2). Применение импульсно-дугового процесса позволяет использовать проволоку одного и того же диаметра при многих вариантах технологии сварки, тогда как при сварке без импульсов обычно применяют проволоку различных диаметров в зависимости от толщины свариваемого металла, пространственного положения шва, теплофизических свойств свариваемого металла и других показателей. В настоящее время этот процесс заметно развивается в промышленно развитых странах, имеющих принципиально новые импульсные источники питания дуги, при помощи которых можно создавать импульсы тока любой формы и амплитуды с плавным регулированием частоты и длительности импульсов.

Разработанный в ИЭС им. Е. О. Патона источник импульсного тока И-169 по техническим характеристикам не уступает западным образцам, а по некоторым из них превосходит зарубежные аналоги.

Наряду с технологическими и экономическими преимуществами сварка в



**Рис. 2.** Макрошлиф угловых швов, сваренных в углекислом газе (слева) и в смеси  $Ar+20\% CO_2$  (справа) проволокой диаметром 1,2 мм (сварочный ток 280 А, напряжение 30 В)



**Рис. 3.** Внешний вид углового шва, выполненного в смеси  $Ar+20\% CO_2$  проволокой диаметром 1,2 мм (сварочный ток 260 А, напряжение 28 В)

**Таблица 2.** Значения критического тока перехода к струйному переносу электродного металла при сварке в смеси  $Ar+20\% CO_2$  проволокой Св-08Г2С

Диаметр проволоки, мм	Критический сварочный ток, А		
	Обратная полярность	Прямая полярность	ИДС
1,0	240	—	160
1,2	260	350	180
1,4	300	380	210
1,6	340	420	240
2,0	400	460	—

смесях газов на основе аргона имеет также улучшенные гигиенические и экологические показатели по сравнению со сваркой в углекислом газе (в зону дыхания сварщиков и воздух рабочих помещений выделяется меньше пыли и токсичных газов). Благодаря снижению уровня вредных выбросов при сварке, помимо социального эффекта (уменьшения заболеваемости рабочих), появляется возможность снижения интенсивности общеобменной и местной вентиляции, т. е. уменьшения установленных мощностей вентиляционных установок и соответственно затрат на электроэнергию и их обслуживание. Несколько более высокий уровень удельных выделений озона при сварке в аргоновых смесях не является препятствием для применения этого процесса, поскольку соблюдение оптимальных режимов сварки и использование обычных средств защиты обеспечивают концентрацию озона в зоне дыхания сварщика ниже уровня ПДК.

(Окончание на стр. 11) ►

# Сварочно-ремонтные технологии восстановления работоспособности элементов энергетического оборудования ТЭС

Ф. А. Хромченко, д-р техн. наук, Всероссийский теплотехнический институт (Москва)

**П**овреждения элементов длительно эксплуатирующегося оборудования тепловых электростанций (ТЭС) обусловлены технологическими, конструкционными и эксплуатационными причинами и развиваются по механизмам ползучести, усталости, коррозии, дисперсионного охрупчивания при повторном нагреве, хладноломкости, эрозийного износа. Наиболее уязвимыми элементами являются сварные соединения труб котлов и трубопроводов, гнутые детали паропроводов, барабаны котлов, корпусные детали турбин и пароводяной арматуры, лопатки турбин.

Ремонт таких элементов представляет известные трудности, связанные с обеспечением их последующей надежной эксплуатации в установленные сроки.

**Технология ремонта сварных соединений коллекторов котлов и паропроводов из теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и 15Х1М1ФЛ, эксплуатирующихся в условиях ползучести.** Для этих сталей типичны эксплуатационные повреждения в виде кольцевых и продольных трещин IV типа по разупрочненной прослойке металла зоны термического влияния ЗТВрп, а также продольные и поперечные трещины в металле шва и околшововой зоны. Основные положения сварочно-ремонтной технологии, разработанные ВТИ для восстановления работоспособности сварных соединений, заключаются в следующем:

- проведение предварительного анализа условий эксплуатации, особенностей конструкции поврежденной сварной детали и технологии ее изготовления (технологии монтажа и возможного ранее проведенного ремонта) с установлением причин и характера повреждения;
- удаление поврежденного металла механическим способом — шлифованием с получением местных углублений-выборок заданной формы (в отдельных случаях допускается предварительное удаление металла огнем способом с

последующей механической обработкой поверхности выборок шлифованием);

- контроль качества металла в зоне выборки неразрушающими методами дефектоскопии, включая в отдельных случаях металлографический анализ с помощью реплик;

- выбор варианта ремонта: удаление поврежденного металла без последующей подварки мест углубления (когда оставшаяся толщина стенки в зоне выборки равна или превышает номинальную толщину стенки элемента) или подварка места выборки с послесварочной термической обработкой (когда оставшаяся толщина стенки в зоне выборки меньше номинальной толщины элемента трубы);

- выполнение подварочных швов в местах углублений-выборок многослойными ручной дуговой сваркой с использованием электродов типа Э-09Х1МФ на ограниченных токовых режимах, при этом ремонтируемые детали подогреваются до 250–350 °С в зависимости от типа и размера детали и марки стали;

- применение дополнительных усиливающих наплавов воротникового или цилиндрического типа для сварных соединений с недостаточной конструкционной прочностью (например, для тройниковых соединений разнотолщинных элементов трубы, штуцерных сварных соединений);

- проведение послесварочной термической обработки по режиму высокого отпуска при температуре 720–750 °С с выдержкой 1–5 ч в зависимости от типа и размеров детали и марки стали;

- механическая обработка — шлифование наружной (и при необходимости внутренней) поверхности отремонтированной детали для получения необходимой формы и чистоты поверхности подварочных швов и наплавов (и удаление при необходимости подкладного кольца); проведение контроля качества отремон-

тированных сварных соединений неразрушающими методами дефектоскопии;

- устранение или уменьшение негативного влияния эксплуатационных причин, вызывающих повреждение сварного соединения, путем улучшения состояния опорно-подвесной системы, улучшения работы дренажей и т.д.;

- оценка остаточного срока службы отремонтированных сварных деталей с применением современных методических подходов на стадии пред- и полного разрушения металла.

Детальная технология ремонта регламентирована в разработанном ВТИ руководящем документе РД 34 17.310–96, утвержденном РАО «ЕЭС России» и Госгортехнадзором России. Она охватывает различные типы сварных соединений, в том числе стыковые, штуцерные и тройниковые соединения равно- и разнотолщинных элементов труб паропроводов и коллекторов котлов. В данных РД рассмотрены типичные виды эксплуатационных повреждений сварных соединений, а также причины, вызвавшие эти повреждения, в том числе из-за некачественно проведенного ремонта.

Когда проведение послесварочного высокого отпуска сопряжено с известными организационно-техническими трудностями и качественное его выполнение ставится под сомнение, в ВТИ разработаны варианты сварочной технологии без послесварочной термической обработки (РД 34 17.310–96; РД 34 15.027–93) для следующих типов сварных соединений и условий их эксплуатации:

- штуцерных сварных соединений труб паропроводов ( $D_v=100$  мм) из стали 12Х1МФ с коллекторами с помощью низкотемпературных сварочных материалов типа Э-09Х1М (электроды марок ЦЛ-38, ЦУ-2ХМ, ТМЛ-1у) для эксплуатации при температуре до 510 °С и с помощью высоконикелевых аустенитных



материалов типа Э–11Х15Н25М6АГ2 и Э–08Н60Г7М7Т (электроды марок ЭА–395/9 и ЦТ–36) для температур эксплуатации 510–560 °С;

■ штуцерных сварных соединений труб поверхностей нагрева котлов с коллекторами из стали 12Х1МФ при минимально допустимом расстоянии между осями отверстий 70 мм с помощью сварочных материалов типа Э–09Х1М (резервный вариант — применение сварочных аустенитных материалов, например, типа Э–11Х15Н25М6АГ2);

■ стыковых сварных соединений тонкостенных паропроводов (с толщиной стенки до 18 мм) наружным диаметром до 219 мм из стали 12Х1МФ с помощью сварочных материалов типа Э–09Х1М для эксплуатации при температуре до 510 °С; в настоящее время отработана технология выполнения таких соединений для эксплуатации паропроводов при температуре до 545 °С при повышенных требованиях к чистоте наплавленного металла (определяют по количеству вредных примесей, преимущественно серы).

Дальнейшее совершенствование сварочно-ремонтной технологии ВТИ развивается по пути расширения номенклатуры типов ремонтируемых сварных деталей с учетом особенностей эксплуатационных повреждений сварных соединений, в том числе: штуцерных сварных соединений труб ( $D_н=100$  мм) с коллекторами из стали 12Х1МФ, повреждения которых в зоне угловых швов характеризуются глубокими трещинами вплоть до сквозных со стороны коллектора (практически сварочно-ремонтная технология отработана); сварных соединений впрессовывающих пароохладительных устройств, повреждения которых отличаются большим разнообразием, а ремонт сопряжен с известными трудностями; сварных соединений паропроводов ГПП из центробежно-литых труб большого диаметра, выполненных из стали 15Х1М1Ф–ЦЛ. В части сварочной технологии ремонта сварных соединений ВПО–НД и ВПО–ВД в институте имеются конкретные разработки.

**Восстановительная термическая обработка (ВТО) элементов паропроводов из теплоустойчивых сталей 12МХ, 15ХМ, 12Х1МФ и 15Х1М1Ф.** Цель проведения такой обработки заключается в продлении срока службы длительно эксплуатирующихся

элементов паропроводов (гибов, прямых труб, сварных соединений) за счет регенерации микроструктуры и устранения микрповреждений с соответствующим повышением жаропрочных свойств металла. По результатам комплексных исследований ВТИ и фирмы «ОРГРЭС» совместно с ВНИИАМ и другими организациями (например, НПО «ЦНИИТМАШ») установлены следующие виды ВТО:

■ нормализация без последующего отпуска для элементов паропроводов из хромомолибденовых сталей. Температура нормализации — примерно 950–1000 °С;

■ нормализация (одно- или многократная) при температуре 1020–1080 °С с последующим высоким отпуском при температуре 720–750 °С (или без отпуска) для элементов паропроводов из хромомолибденованадиевых сталей.

Температурно-временные режимы ВТО в обобщенном виде регламентированы в новом руководящем документе, утвержденном РАО «ЕЭС России» и согласованном с Госгортехнадзором России. Согласно этому документу допускается проводить ВТО сварных соединений паропроводов из сталей 12МХ, 15ХМ и 12Х1МФ.

В условиях действующих электростанций операции ВТО выполняют при нагреве обрабатываемых элементов индукционным способом токами средней частоты (2400–2500 Гц) с помощью гибких водоохлаждаемых индукторов. Разработаны два варианта индукторов: компактный индуктор шириной 500–700 мм и удлиненный при общей ширине намотки витков соленоида 6–9 м. Компактный индуктор обеспечивает равномерный нагрев кольцевого участка элемента трубы шириной 200–300 мм, необходимую скорость подъема температур и требуемую при нормализации скорость охлаждения 7–9 °С/мин для сварных соединений элементов из стали 12Х1МФ. Удлиненное нагревательное индукционное устройство обеспечивает более высокую производительность процесса, однако при этом возникают трудности в обеспечении требуемой равномерности прогрева металла паропровода, необходимой скорости охлаждения от температуры нормализации, в предупреждении возможных прогибов удлиненных участков паропровода, нагретых при ВТО до температуры, например, 1000–1080 °С.

Комплексными исследованиями, проведенными в ВТИ, установлено:

■ жаропрочные свойства теплоустойчивой стали (на примере стали 12Х1МФ) в результате проведения ВТО могут быть восстановлены до исходного уровня для условий ползучести, при этом большое влияние оказывает технологический фактор проводимых операций. Так, выявлена заметная разница уровней восстановленных жаропрочных свойств в зависимости от использованной технологии ВТО — компактным или удлиненным индуктором. При термообработке компактным индуктором реализация повышенных скоростей охлаждения от температур нормализации создает условия для получения наиболее благоприятной микроструктуры (наличие плотного перлита с повышенным его содержанием), что обеспечивает более высокие жаропрочные свойства стали 12Х1МФ, чем при обработке стали удлиненным индуктором (пониженная скорость охлаждения от температур нормализации и, как следствие, получение менее благоприятной микроструктуры, характеризующей сталь с пониженными жаропрочными свойствами);

■ новый срок службы сварных соединений элементов из стали 12Х1МФ после длительной наработки (примерно 200 тыс. ч) при температуре 545 °С в результате проведения ВТО может достигать 200–300 тыс. ч, общий ресурс с учетом предварительной наработки составит приблизительно 400–500 тыс. ч. Положительный эффект ВТО заключается в заметном улучшении микроструктуры: изменении состава и дисперсности карбидной фазы, устранении сфероидизации микроструктуры, получении плотного перлита, наконец, устранении мелкозернистой разупрочненной прослойки металла  $ZTV_{рп}$  за счет рекристаллизации металла, по которой преимущественно развиваются эксплуатационные повреждения в сварных соединениях паропроводов. Оптимальным установлен вид ВТО с режимом однократной нормализации и последующим высоким отпуском с выдержкой в течение 1,5 ч.

Всероссийский теплотехнический институт совместно с другими организациями (АО «Инэнергия», ЗАО «Прочность МК» и другими) проводит комплексные исследования и технологические разработки в области совершенствования ВТО и расширения границ ее

## Сварочно-ремонтные технологии восстановления работоспособности элементов энергетического оборудования ТЭС

применения для сварных конструкций других типов, в том числе сварных коллекторов из стали 12Х1МФ. Трудности состоят в обеспечении режимов ВТО по всем зонам коллекторов, включая штуцерные сварные соединения. Получены положительные результаты экспериментальных нагревов и результаты промышленного внедрения сварных тройников паропроводов из стали 12Х1МФ, стыковых сварных соединений паропроводов из стали 15Х1М1Ф, а также промышленного опробования ВТО на сварных тройниках паропроводов. Отработаны технологические схемы размещения витков индукторов и достигнута равномерность нагрева по заданным режимам. Трудность в установлении оптимальных режимов ВТО состоит в опасности сильного разупрочнения металла шва из стали 09Х1МФ, который менее легирован по сравнению с основным металлом — сталью 15Х1М1Ф. В настоящее время проводятся комплексные исследования в установлении оптимальных режимов ВТО.

**Технология ремонта литых корпусных деталей турбин и пароводяной арматуры из теплоустойчивых сталей (20ХМЛ, 20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ и подобных) без послесварочной термической обработки.** Эксплуатационные повреждения в этом случае развиваются по механизмам усталости, коррозии, ползучести металла.

В условиях действующих ТЭС применяют два варианта сварочно-ремонтной технологии, в основе которых лежит использование сварочных материалов, наплавляющих металл разного структурного класса:

■ технология с использованием аустенитных высоконикелевых сварочных материалов, разработанная НПО ЦКТИ и НПО «ЦНИИТМАШ» совместно с турбинными заводами. Подваренные швы вы-

полняют без подогрева, что создает определенные достоинства маневренности этой технологии, которую на ТЭС применяют несколько десятков лет. Однако отремонтированные этим способом корпусные детали не всегда характеризуются требуемой работоспособностью — эксплуатационные повреждения преимущественно развиваются по зоне сплавления разнородных материалов (причины — развитие кристаллизационных и диффузионных хрупких и разупрочненных прослоек металла, появление локальных термических напряжений из-за разности коэффициентов линейного расширения материалов, наличие сварочных дефектов из-за недостаточной сварочной технологичности высоконикелевых электродов и т. д.). В связи с этим рекомендуется такую технологию применять для деталей, эксплуатирующихся при температуре не выше 450 °С, или в случаях, когда по организационно-техническим причинам невозможно применить подогрев ремонтируемых деталей при сварке;

■ технология с использованием низколегированных сварочных материалов, например, покрытых электродов марки ТМЛ-5 условного типа Э-06ХМ поставки АО «Электродный завод» (С.-Петербург). По данной технологии, разработанной ВТИ, наплавка при выполнении подваренных швов ведется с обязательным подогревом при температуре 200–250 °С, последующим после сварки термическим отдыхом при температуре 150–200 °С (для эвакуации диффузионно-подвижного водорода) и заключительной операцией фальшподогрева при температуре 150–200 °С (для смещения термических напряжений из зоны подварочных швов в сторону основного металла). Разработаны способы ремонта деталей с глубиной углублений—выборок до 50–70% толщины стенки, а также деталей со сквозными трещинами путем размещения деконцентраторов напряжений типа «ловушек трещин». Данная технология достаточно сложна, однако она находит все большее применение благодаря ряду достоинств: идентичности структурного класса стали и подварочных швов (исключаются недостатки, присущие технологии ремонта с использованием аустенитных материалов), обеспечению требуемой жаропрочности сварных соединений, отсутствию необходимости в специальной подготовке сварщиков (что требуется для выполне-

ния швов высоконикелевыми электродами), а также в приобретении дефицитных и дорогостоящих аустенитных сварочных материалов, заметному облегчению эксплуатационного контроля неразрушающими методами дефектоскопии.

Высокая работоспособность отремонтированных деталей с подварочными швами состава 06ХМ подтверждена положительными результатами испытаний большого числа образцов, стендовых испытаний натурных моделей и многолетним накопленным опытом применения на ТЭС данной технологии ремонта.

**Технология ремонта барабанов из сталей 16ГНМ, 16ГНМА и 22К котлов высокого давления.** Эксплуатационные повреждения обусловлены действием циклических нагрузок и коррозионной среды в сочетании с концентрацией напряжений из-за неудовлетворительной формы отдельных элементов (конструкционный фактор), наличием сварочных дефектов и различного рода плен и расслоений металла (технологический фактор). Основные положения сварочно-ремонтной технологии, разработанной примерно 20 лет назад НПО «ЦНИИТМАШ» и НПО ЦКТИ совместно с таганрогским заводом «Красный котельщик» и ремонтными предприятиями, включают операции по удалению поврежденного (дефектного) металла, многослойную наплавку с подогревом до 120–220 °С в зависимости от марки свариваемой стали электродами типа Э50А, а в отдельных случаях — аустенитными электродами без подогрева, проведение послесварочной термической обработки по режиму высокого отпуска (в отдельных случаях без отпуска), контроль качества ремонта.

В настоящее время действующие основные положения по обследованию и ремонту барабанов котлов переработаны институтами НПО ЦКТИ, НПО «ЦНИИТМАШ», ВТИ и УралВТИ совместно с заводами-изготовителями, ремонтными и эксплуатационными организациями. С учетом накопленного опыта ремонта и эксплуатации, результатов анализа повреждений и проведенных в последние 15–20 лет комплексных исследований и разработок утверждены основные положения по ремонту барабанов котлов.

**Сварочная технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин.** Эксплуатационные повреждения входной

кромки рабочих лопаток из высокохромистых сталей 15X11МФ и 20X13 обусловлены эрозивно-коррозионным воздействием в сочетании с циклическими нагрузками. В настоящее время применяют два варианта технологии ремонта рабочих лопаток для последних ступеней турбин Т-250 и 300:

■ в соответствии со сварочно-ремонтной технологией, разработанной НПО ЦКТИ совместно с турбинными заводами (первый вариант), используются аустенитные высоконикелевые сварочные материалы (сварочная проволока при ручной аргонодуговой сварке), процесс сварки (наплавки) ведется без подогрева и без послесварочной термической обработки. При данной технологии лопатки можно ремонтировать непосредственно на роторе турбины и/или с демонтажом лопаток на период ремонта. До последнего времени эта технология была основной и единственной, применяемой в теплоэнергетике. К недостаткам ее следует отнести наличие разнородных по структурному классу материалов (аустенитный в сочетании с мартенситно-ферритным) на входной кромке отремонтированных лопаток в районе подварочных

швов-наплавки, что может быть причиной преждевременных эксплуатационных повреждений;

■ в соответствии со сварочно-ремонтной технологией, разработанной ВТИ совместно с ЦРМЗ АО Мосэнерго (второй вариант), работоспособность входной кромки рабочих лопаток восстанавливается многослойной высокохромистой наплавкой с послойным охлаждением при ручной аргонодуговой сварке и обязательным проведением послесварочной термической обработки по режиму высокого отпуска при температуре 680–700 °С. Возможность применения такой технологии ограничивается необходимостью демонтажа ротора, размещения ремонтируемых лопаток в специальных поворотных кондукторах-манипуляторах и выполнения послесварочной термообработки в печах общего нагрева. Однако существенное достоинство этой технологии — получение отремонтированных рабочих лопаток высокой работоспособности благодаря идентичности по структурному классу наплавленного и основного металла лопатки на входной кромке в сочетании с проведением послесварочной термообработки, которая

обеспечивает образование требуемой благоприятной микроструктуры (распад структур закалки) и свойств. По результатам проведенных комплексных испытаний и контроля, включая эксперименты на статическую трещиностойкость, усталость и вибростойкость, а также положительный опыт эксплуатации отремонтированных рабочих лопаток на турбинах ТЭЦ АО «Мосэнерго», подтверждена высокая работоспособность таких деталей после ремонта. В частности, усталостная прочность отремонтированных лопаток оценена как равная прочности деталей из основного металла.

Для дальнейшего совершенствования сварочно-ремонтной технологии с использованием высокохромистых сварочных материалов ВТИ совместно с ЦРМЗ «Мосэнерго» разрабатывает технологические операции по нанесению многослойных наплавки без демонтажа ротора, проведению послесварочной термообработки с помощью компактных переносных электронагревательных устройств индивидуально для каждой лопатки, наплавки входной кромки рабочих лопаток стеллитом вместо приварки защитных стеллитовых пластин. ■ #130

## Преимущества механизированной сварки конструкционных сталей в смесях защитных газов на основе аргона

► (Окончание. Начало на стр. 7)

Наибольший технико-экономический эффект достигается при сварке в смесях:

- конструкций, которые по техническим условиям не должны иметь приваренных брызг электродного металла;
- конструкций, предназначенных для эксплуатации в условиях низких температур и динамических нагрузок;
- швов малого сечения на повышенной скорости;
- многопроходной толстолистового металла;
- узлов и соединений на автоматизированных установках и линиях.

Высокое качество сварных швов и соединений, обеспечиваемое за счет применения сварки в аргоновых смесях, позволяет с минимальными затратами аттестовать продукцию и производство по нормам международных сертифицирующих организаций, например, Регистр Ллойда, TÜV, Norske Veritas и др.

Состав смеси (двойная или тройная) выбирают в зависимости от того, какой газ (аргон или смесь Ar+O<sub>2</sub>) производят на заводе-поставщике, территориально близком к потребителю. Это стало возможным, так как на металлургических и химических предприятиях Украины были введены в строй мощные воздуходелительные установки, наряду с кислородом и азотом производящие в больших объемах в качестве побочного продукта аргон или аргоно-кислородную смесь в газообразном и сжиженном виде, и значительная часть этих газов может быть использована в сварочном производстве.

Обеспечение предприятий-потребителей смесями производят по двум вариантам: I — поставка газов-компонентов смеси отдельно с последующим их смешиванием с помощью однопостовых или рамповых (многопостовых) смесителей на предприятии, где выполняют сварку; II — поставка готовой смеси требуемого состава в баллонах или реципиентах, которые заполняют в специализированных региональных сервисных центрах газоснабжения. Обычно первый вариант используют

на предприятиях с большим объемом сварочных работ, а второй — на предприятиях, где число постов не превышает 10. Изготовление и поставка готовых смесей освоены в некоторых регионах Украины.

ЗАО «Кислородный завод» выпускает двойные и тройные защитные газовые смеси Ar+20...30%CO<sub>2</sub>+3...7%O<sub>2</sub> и Ar+20...25%CO<sub>2</sub> на основе аргона и, по заказу, аргоновые смеси Ar+1,5...2%O<sub>2</sub> и Ar+3...5%CO<sub>2</sub> с небольшим содержанием окислительных газов для сварки нержавеющей и высоколегированных сталей.

ИЭС им. Е. О. Патона совместно с ЗАО «Кислородный завод» организовали в Киеве региональный сервисно-торговый центр по доставке газов, оказанию технической помощи и консультаций в освоении сварки в защитных газовых смесях. Особое внимание уделяется предприятиям, не имеющим специализированных сварочных служб и впервые осваивающим сварку в аргоновых смесях или затрудняющимся в выборе состава смеси, оптимальной технологии и техники механизированной и автоматической дуговой сварки. ■ #129

# Гибкие автоматические сварочные машины нового поколения для изготовления арматурных сеток, плоских и пространственных каркасов

*В. К. Шелег, Б. П. Ногаев, С. П. Разунович, В. А. Цыганов,  
НИКТИ сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)*

**В** Республике Беларусь разработаны прогрессивные технологические процессы автоматизированного безотходного изготовления сварных арматурных сеток, плоских и пространственных каркасов из проволоки диаметром 3–6 мм. Изготавливаемое гибкое автоматическое оборудование обеспечивает технологические потребности стройиндустрии практически по всей номенклатуре указанной арматуры. К такому оборудованию относятся автоматические сварочные машины для изготовления сеток и плоских каркасов шириной до 4 м, а также автоматические сварочные машины для изготовления пространственных каркасов типа ВС, НС и т. п. высотой 60–400 мм, шириной до 3200 м.

Преимуществами машин нового поколения, изготавливаемых КТИ СМА (Минск), являются полная автоматизация техпроцесса изготовления изделий, широкие технологические возможности и высокая гибкость (автоматическая переналадка на изготовление нового изделия в течение 0,5–1 мин).

На машинах в автоматическом режиме изготавливают также сетки и каркасы сложной конфигурации — переменной ширины, с проемами и вырезами без последующей доработки.

Быстрая автоматическая переналадка машин на очередную марку изделия обуславливает высокую эффективность их применения в условиях мелкосерийного и единичного производства большой номенклатуры сварной арматуры.

Машины обеспечивают:

■ автоматическую переналадку на очередную марку изделия, при которой

после набора оператором на пульте управления четырехзначного кода изделия по программе продольные и поперечные проволоки перемещаются в проектное положение в зависимости от размеров изделия;

■ индивидуальную мерную подачу и отрезку продольных и поперечных проволок, выполняемые автоматически по программе изготовления изделия в рабочем режиме. При изготовлении сеток и каркасов переменной ширины программно изменяется количество подаваемых продольных проволок, размеры и шаги поперечных проволок, а в пространственном каркасе — конфигурация, размеры и шаги плоских каркасов;

■ сварку стабильно высокого качества без раздавливания и деформирования свариваемых проволок независимо от колебания параметров режимов и состояния электродов, которые могут работать до полного износа без выверки и заправки, не нарушая геометрию изделий, что значительно упрощает эксплуатацию машин. Процесс обеспечен специальными сварочными устройствами с регулируемым рабочим ходом электродов и размерами осадки сварного соединения;

■ возможность прямого ввода новых или оперативного изменения введенных программ изготовления изделий при помощи клавишного блока на пульте управления машины оператором, наладчиком или технологом с контролем набора, составления или исполнения программ на мониторе системы управления машины;

■ самодиагностику и тестирование. Все сбои, отказы, неполадки, места неисправностей, ошибки в наборе программ и при управлении машиной подсказываются оператору и обслуживающему персоналу на мониторе;

■ простую и быструю смену кассет с проволокой. Новая для арматурно-сварочного оборудования конструкция агрегатов размотки проволоки, состоящая из специальных кассет с выправленной и очищенной от ржавчины и окалины проволокой и устройств для вертикальной установки кассет, позволяет значительно улучшить качество изготовления сварной арматуры, повысить надежность работы машины, уменьшить в 2–3 раза производственную площадь, занимаемую обычными бухтодержателями, потребность в оборотных запасах арматурной проволоки.

Для качественного выполнения технологического процесса машины поставляют со станком для правки, очистки и намотки проволоки в кассеты.

Агрегаты, механизмы, системы управления комплекса оборудования максимально унифицированы для упрощения эксплуатации, обслуживания и ремонта.

Опытно-промышленные образцы автоматической линии П 11.019 для изготовления пространственных каркасов панелей внутренних стен и автоматической машины П 11.029 для сварки сеток и плоских каркасов внедрены на заводах КПД Новополоцка и СЖБ № 10 Гродно. Разработка защищена патентом РБ № 2110 от 18.12.97 г. ■ #131

**От редакции.** Журнал «Сварщик» сотрудничает с НИКТИ сварки и защитных покрытий Республики Беларусь с 1999 г. Читатели журнала неоднократно имели возможность знакомиться с работами, выполняемыми в Беларуси в области сварки и родственных процессов. В настоящем номере Вашему вниманию предлагается подборка информационных материалов, любезно предоставленная институтом и характеризующая некоторые направления совершенствования сварочного производства Республики Беларусь.

# Фильтровентиляционная установка для очистки воздушных выбросов от пыли и аэрозолей при сварке и пайке

Б. М. Гостинчиков, А. Б. Тарасова, А. С. Зайцева, НИИ технологического машиностроения (Могилев)

**В** общем балансе загрязнений атмосферного воздуха технологические и вентиляционные выбросы доминируют, сосредоточенное расположение их источников в промышленных центрах или в непосредственной близости от населенных пунктов оказывает пагубное воздействие на чистоту атмосферного воздуха городов и, как следствие, — на здоровье работающих и проживающих там людей.

Сварочные, наплавочные работы и процессы пайки загрязняют воздушную среду рабочей зоны выделениями, в которые могут входить оксиды марганца, кремния, хрома и другие соединения, а также газы: оксиды углерода и азота, озон.

Интенсификация сварочных процессов, применение новых высоколегированных материалов, смесей защитных газов, флюсов и новых способов сварки и тепловой резки обуславливают появление в зоне дыхания сварщиков и окружающего персонала новых вредных веществ. Использование общеобменной вентиляции для удаления выделений не обеспечивает требуемого санитарно-гигиенического состояния окружающей среды и связано с большими расходами тепловой и электрической энергии.

Одним из прогрессивных путей достижения норм санитарно-гигиенических условий труда в сборочно-сварочных цехах при минимальном снижении воздухообмена является оснащение сварочных постов индивидуальными фильтровентиляционными установками (ФВУ), работающими в режиме рециркуляции воздуха.

Могилевским НИИтехномаш создана гамма ФВУ производительностью 40, 120, 500 и 1000 м<sup>3</sup>/ч.

ФВУ состоит из блока фильтров, воздуховода, вентилятора, тележки, блока питания и управления. Блок фильтров представляет собой конструкцию коробчатой формы, внутри которой расположены устройство для завихрения воздуха, фильтр предварительной очи-

стки, электрофильтр, состоящий из касеты коронирующих электродов и касеты осадительных электродов, фильтр тонкой очистки на основе активированного угля. Со стороны установки осадительной касеты расположена дверца, плотно закрывающаяся при помощи замков-защелок. С противоположной стороны находятся неподвижная часть воздуховода, блок питания и управления и транспортная рукоятка. Коробчатая конструкция установлена на транспортной тележке. В верхней части конструкции расположен вентилятор.

Основное назначение фильтра предварительной очистки — задержать частицы пыли размером более 10 мкм. Кроме того, этот фильтр должен равномерно распределить поток газа по всему сечению фильтра. Это значительно стабилизирует работу последующей ступени установки — электрофильтра. Наилучшим образом обе эти функции может выполнить путанка из некоррозирующей мягкой проволоки (например, А1) или ПОП (синтепон). Аналогичную роль может выполнить пакет из бусофита — углеволоконистого сорбционно-фильтрующего материала. По сорбционной активности, удельной поверхности и поверхностной плотности наиболее пригодны марки ПО «Химволокно»: Бусофит-Т(ТР) и Бусофит Л4(13). 10–12 слоев такого материала позволяют на 90% задерживать частицы более 10 мкм. По мере загрязнения фильтр, конструктивно оформленный в съемную кассету, может быть очищен и многократно использован.

В ФВУ производительностью 40 и 120 м<sup>3</sup>/ч, предназначенных для очистки воздуха преимущественно при пайке, где из-за небольшой мощности газового потока требования к его выравниванию не столь жесткие, используют металлическую сетку. В ФВУ производительностью 500 и 1000 м<sup>3</sup>/ч применяют фильтр грубой очистки из ПОП (синтепон).

Одним из наиболее совершенных способов очистки газов от пыли и жидких частиц является очистка в двухступенчатых электрических фильтрах, которые оказывают малое гидродинамическое сопротивление потоку газа, обеспечивают высокую степень очистки, пригодны для использования в самых различных условиях, в том числе и при высокой температуре.

Учитывая сравнительно большой срок работы без смены (при производственных темпах эксплуатации), а также достаточно простой способ многократовой очистки (практически полностью восстанавливаемая работоспособность), электрофильтры имеют и экономические преимущества перед другими способами фильтрации.

Известно, что процесс очистки газа от пыли в электрофильтрах включает две стадии: зарядку частиц в зоне коронного заряда (первая ступень), движение их к осадительным электродам и адгезия (вторая ступень). В современных электрофильтрах эти две ступени конструктивно разнесены на определенное расстояние.

Необходимые условия эксплуатации электрофильтра — усреднение параметров потока по сечению зоны коронного разряда и далее по сечению осадительной камеры, а также предотвращение попадания в зону электрофильтра крупных частиц (более 20–100 мкм) и инородных механических включений — обеспечиваются с помощью фильтра грубой очистки, который был описан выше.

После зоны электрофильтра в установке предусмотрена стадия газовой очистки (оксидов азота). Эту роль выполняет блок с активированным углем, например АГ-2, оформленный конструктивно в виде съемной кассеты. Уголь помещают в активную ткань типа БУСОФИТ (ТУ 88 БССР 180–90) или ПОП (синтепон). Толщина блока составляет 30–40 мм.

(Окончание на стр. 17) ►

# Новое оборудование для газопламенного напыления полимерных покрытий

**М. А. Белоцерковский, А. В. Федаравичус,**  
Институт надежности машин Национальной академии наук Беларуси (Минск)

**В** последние годы во всех промышленно развитых странах интенсивно разрабатывают технологии создания порошковых композиционных материалов на основе полимеров и способы нанесения покрытий из них. Полимерные покрытия используют для защиты деталей от коррозии и изнашивания, электрической изоляции и герметизации соединений. Их способность гасить виброакустические колебания и малую удельную массу используют при конструировании широкого спектра механических систем.

Нанесение защитных износостойких покрытий способом газопламенного напыления (ГПН) широко используют в различных отраслях промышленности Беларуси.

Нанесение полимерных покрытий из порошковых материалов осуществляют, в основном, следующими способами: шликерным литьем, формированием в

электростатическом поле, осаждением в псевдооживленном слое, газотермическим напылением. Анализ технологических особенностей первых трех способов показывает, что они могут быть реализованы только при изготовлении изделий и при наличии специальных камер, ванн и печей. Причем их применение ограничивается также энергетическими проблемами, возникающими при нагреве крупногабаритных деталей. Требуемую плотность и адгезию получают последующей термообработкой сформированного слоя. Таким образом, данные способы не могут быть реализованы при ремонте уже покрытых деталей или при защите элементов конструкций на месте их эксплуатации.

Поэтому одним из наиболее экономичных и простых в реализации способов нанесения полимерных покрытий является газотермическое и, в частности, газопламенное напыление, позволяющее формировать и оплавливать слой в одной операции. Оборудование для ГПН имеет малую массу и габариты, не требует источников электропитания, его можно эксплуатировать в нестационарных условиях.

Специальные полимерные порошки для ГПН выпускают за рубежом фирмы «Castolin» (Швейцария), «F.J.Brodmann & Company», «Sulzer Metco» (США) и др.

В настоящее время в Беларуси освоено крупнотоннажное производство низкоплавого полиэтилен-терефталата ПО «Химволокно» (Могилев), полиамида ПО «Азот» (Гродно), полиэтилена ПО «Полимир» (Новополоцк), а также разработана и успешно применяется установка криогенного диспергирования полимерных материалов НПФ «Реликса» (Минск). Невысокая себестоимость местного сырья (около 2 долл. США за 1 кг) и организация производства по

переработке в порошок низкоплавок полимеров открывают новые перспективы для использования процессов ГПН в различных отраслях промышленности. Однако традиционно используемое оборудование нельзя применять для газопламенного напыления указанных полимеров, поскольку в высокотемпературной газокислородной струе эти порошки горят или деструктурируют.

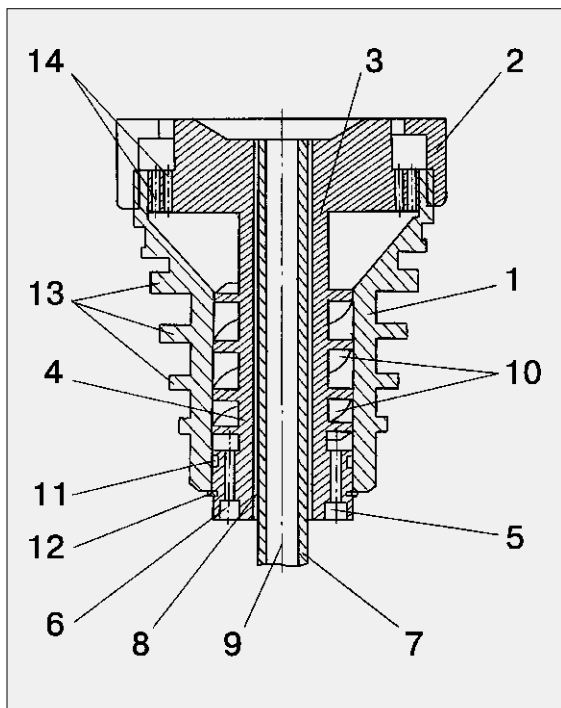
Для обеспечения эффективного процесса нанесения покрытий из отечественных низкоплавок полимеров необходимо было создать термораспылитель, обеспечивающий горение факела с оптимальной плотностью теплового потока, достаточного для напыления частиц полимера с температурой плавления  $T_{пл} = 90...200\text{ }^\circ\text{C}$ , но не перегревающего их выше  $1,3 T_{пл}$ .

Для определения необходимой и достаточной плотности теплового потока факела был выполнен теоретический анализ процесса нагрева полимерного порошка в среде горячих газов.

В результате решения уравнения теплового баланса для частиц движущихся в факеле термораспылителя, было определено, что для эффективного процесса газопламенного напыления полимерного порошка с температурой плавления  $T_{пл} = 90...200\text{ }^\circ\text{C}$  необходим тепловой поток плотностью  $3 \cdot 10^6...6 \cdot 10^6\text{ Вт/м}^2$ .

Для обеспечения возможности достижения регулируемой плотности теплового потока в необходимом диапазоне в Институте надежности машин НАМ Беларуси была разработана конструкция термораспылителя, использующего в качестве рабочих газов пропан и воздух. В отличие от известных пропановоздушных горелок, которые производят в странах СНГ, данный термораспылитель обеспечивает плав-

**Рисунок.**  
Схема горелки для газопламенного напыления легкоплавких порошковых материалов



ное и в широких пределах регулирование состава горючей смеси и форму факела за счет наличия четырех игольчатых кранов. Оригинальная конструкция газосмесительного устройства и соплового наконечника (*рисунок*) позволили повысить качество смешения компонентов горючей смеси и ликвидировать налипание полимерного материала на торец сопла.

Повышение качества покрытий достигается за счет лучшего смешения компонентов горючей смеси в газосмесительной камере, имеющей форму винтовой канавки. При движении горючего газа и воздуха по винтовой канавке возникают циркуляционные потоки или так называемая вторичная циркуляция, обуславливающая возникновение развитого турбулентного течения, которое повышает интенсивность перемешивания и обеспечивает получение качественной смеси. Выполненная на сопловом наконечнике со стороны торца по центру выемка глубиной 3–9 мм обеспечивает попадание частиц порошка непосредственно в самую горячую зону факела. Это позволяет интенсифицировать теплообмен между порошком и факелом, что также положительно сказывается на качестве наносимых покрытий.

За счет ликвидации налипания полимерного материала на торец соплового наконечника путем изменения его конструкции повышается стабильность работы горелки. Воздух, движущийся в зазоре шириной 0,25–0,50 мм между мундштуком и сопловым наконечником, с одной стороны, охлаждает мундштук, препятствуя налипанию полимерных частиц на его внутреннюю поверхность, а с другой — не позволяет налипать порошок на наружный торец мундштука.

Кольцевая щель шириной 2–5 мм, выполненная со стороны торца горелки между сопловым наконечником и накидной гайкой, обеспечивает равномерное истечение газовой смеси.

На *рисунке* представлена принципиальная схема предложенной горелки для газопламенного напыления. Горелка имеет корпус **1**, к которому с помощью накидной гайки **2** крепят сопловый наконечник **3** с хвостовиком **4**. В хвостовике **4** выполнены канал **5** подачи воздуха, канал **6** подачи горючего газа.

Мундштук **7** коаксиально вставлен в сопловый наконечник с зазором **8** и содержит осевой канал **9** для подачи порошка. На наружной поверхности хвостовика **4** имеется винтовая канавка, образующая газосмесительную камеру **10** с внутренней поверхностью корпуса **1**. Прокладка **11** препятствует выходу горючей смеси в обратном направлении, а стопорное кольцо **12** фиксирует положение вставки относительно корпуса в осевом направлении. На наружной поверхности корпуса выполнены кольцевые ребра **13**, предназначенные для улучшения теплообмена корпуса горелки с окружающей средой. В сопловом наконечнике **3** имеются газовые сопла **14** для выхода горючей смеси.

Горелка работает следующим образом. Из порошкового питателя (не показан) в осевой канал **9** мундштука **7** поступает непрерывной струей порошок. В канал **5** поступает сжатый воздух, количество которого регулируют вентилем (не показан). В канал **6** поступает горючий газ, количество которого также регулируют вентилем (не показан). В газосмесительной камере **10** горючий газ и воздух равномерно перемешиваются и образуют горючую смесь, которая, поступая в сопла **14**, образует на выходе из них газовое пламя. Частицы порошка, проходя осевой канал **9**, поступают в это газовое пламя и прогреваются до плавления, а затем под динамическим воздействием факела движутся в сторону заранее подготовленной поверхности подложки. Здесь частицы порошка деформируются, сцепляются с поверхностью и образуют сплошное полимерное покрытие.

Термораспылитель для нанесения покрытий из легкоплавких порошковых материалов обеспечивает возможность осуществления процесса газопламенного напыления с высокой производительностью (более 8 м<sup>2</sup>/ч при толщине покрытия 125 мкм) при коэффициенте использования напыляемого порошкового материала не менее 80% и высоком качестве напыленных покрытий. Кроме того, оборудование имеет достаточно высокую технологичность конструкции, определяемую простотой в изготовлении, эксплуатации и ремонте, а также возможностью регулирования режимов нанесения

покрытий непосредственно в процессе напыления.

Применение данной горелки обеспечивает возможность нанесения покрытий (в т. ч. различных цветов) на металлы, керамику, стекло и строительные материалы (бетон, кирпич, шифер, дерево).

Одним из существенных преимуществ данной горелки является применение удобного бачка питателя, выполненного из стандартной ПЭТФ-бутылки, который обеспечивает удобную замену бункера и улучшает условия хранения полимерного порошка. При этом себестоимость процесса удалось снизить более чем в три раза, поскольку отпала необходимость в использовании кислорода и дорогостоящих импортных порошков.

Испытания полимерных покрытий из легкоплавких порошковых материалов отечественного производства с температурой плавления от 96 до 150 °С были проведены в климатических камерах МПО вычислительной техники совместно с НПФ «Реликса». Покрытия наносились на образцы из металла, бетона и дерева. Условия испытаний: влажность 45–100%, температурные перепады от –60 °С до +45 °С. Отслоения покрытий от основы не наблюдалось. Прочность сцепления напыленного покрытия с основой составила порядка 10 МПа. Результаты испытаний позволили рекомендовать легкоплавкие полимерные порошки и разработанное для их нанесения оборудование для защиты от коррозии деталей тягового подвижного состава и технологического оборудования по производству синтетических нитей.

Полимерную термораспылительную установку с высокой эффективностью можно применять для защиты от коррозии элементов оборудования по переработке и хранению продуктов питания и горючесмазочных материалов, при срочном ремонте поврежденной изоляции на электросиловой арматуре, для повышения влагостойкости поверхностей из древесностружечных и древесноволокнистых плит, защиты деталей машин и элементов конструкций от износа, при восстановлении дефектных полимерных покрытий у деталей и конструкций на месте их эксплуатации. ■ **#133**

# Ультразвуковая сварка светотехнических устройств

А. С. Еремеев, В. В. Клубович, В. Ф. Луцко, В. Н. Сакевич, Институт технической акустики НАН Беларуси (Витебск)

**П**роцесс изготовления изделий из пластмасс включает операции соединения отдельных деталей или узлов друг с другом. Для этого применяют сварные, резьбовые, заклепочные, клеевые и другие виды соединений, которые не всегда могут обеспечить высокую герметичность соединяемых изделий. Для получения качественных светотехнических устройств необходимо создать прочное соединение по всему периметру изделия с высокой герметичностью. Одним из наиболее перспективных способов соединения является сварка.

В настоящее время используют следующие способы сварки термопластов: нагретым газом, горячим инструментом, токами высокой частоты, трением, инфракрасным излучением. Эти способы сварки пластмасс имеют ряд существенных недостатков: низкую производительность,

разогрев большой площади полимера, невозможность сваривать токами высокой частоты пластмассы с малым тангенсом диэлектрических потерь, а также с загрязненными поверхностями. Выбор способа зависит от толщины материала, свойств пластмассы, серийности выпуска изделий, типа конструкции и предъявляемых к ней требований, а также условий в которых происходит процесс сварки.

Наиболее перспективным способом соединения пластмасс, получившим в последнее десятилетие широкое развитие в промышленно развитых странах, является ультразвуковая сварка. Преимущества способа ультразвуковой сварки перед другими способами соединения полимеров заключается в возможности выполнения соединения в труднодоступных местах; в локальном выделении теплоты в зоне сварки, что исключает перегрев пластмасс; в возможности сварки пластмасс на большом удалении от места подвода энергии; в возможности соединения разнородных полимеров. Ультразвуковая сварка может заменить механические способы соединения и склеивания целой группы полимеров, например полистирола, лавсана, капрона, поливинилхлорида и др. При этом полистирол и лавсан свариваются только ультразвуком.

Работы по ультразвуковой обработке материалов на протяжении более двадцати лет ведутся в ИТА НАНБ. Работа института направлена на создание новых технологий ультразвуковой сварки, разработку новых схем осуществления этого процесса, расширение номенклатуры пластмасс, свариваемых ультразвуком, создание новых сварочных установок и систем автоматического управления процессом.

Основная задача ультразвуковой сварки светотехнических устройств заключается в том, чтобы, используя энергию механических колебаний сварочного наконечника, локализовать эту энергию в зоне сварки так, чтобы не оставить следов на поверхности изделия от взаимодействия с торцом сварочного на-

конечника и не допустить выплесков пластмассы в зоне сварки, обеспечив при этом герметичность изделия. Поставленную задачу решили научно обоснованным конструированием колебательной системы и выбором рабочего цикла и его параметров при ультразвуковой сварке для каждого конкретного изделия.

Технологическое оборудование для ультразвуковой сварки независимо от физико-механических свойств свариваемых материалов имеет одну структуру и состоит из следующих узлов: источника питания, аппаратуры управления сварочным циклом, механической колебательной системы и привода давления.

Важнейшим узлом, составляющим основу и специфику оборудования и технологии ультразвуковой сварки металлов и пластмасс, является электро-механическая колебательная система.

Типовая колебательная система (рис. 1) состоит из магнито-стрикционного или пьезо-керамического преобразователя 1, волноводного звена 2 — концентратора колебаний; сварочного наконечника 3 — сонотрода. Ультразвуковой преобразователь 1 имеет назначение преобразовывать энергию электрического или электромагнитного поля в механическую. Частота колебаний преобразователя обычно имеет одну из стандартных величин 18, 20, 22, 35 кГц. Волноводное звено 2 служит для передачи энергии сонотроду 3. Наряду с этим, звено должно обеспечивать необходимое увеличение амплитуды колебаний сонотрода по сравнению с амплитудой исходных колебаний преобразователя, трансформировать сопротивление нагрузки и концентрировать энергию. Сонотрод 3 является элементом, посредством которого осуществляется отбор мощности, поглощаемой в зоне сварки. Так как в процессе сварки сонотрод внедряется в свариваемую деталь, то он является также и согласующими волноводным звеном между нагрузкой и колебательной системой.

Рис. 1. Схема электро-механической колебательной системы

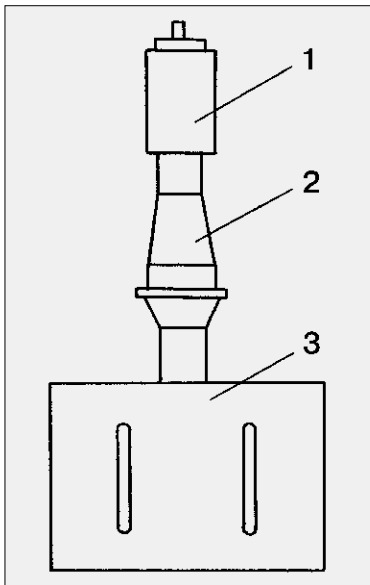
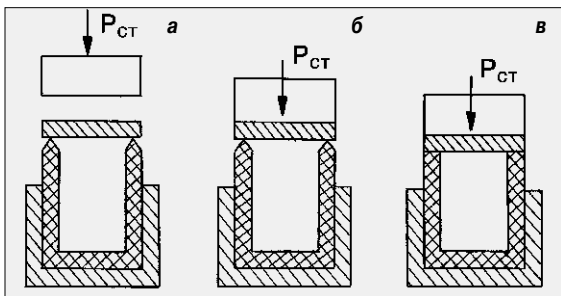


Рис. 2. Схема сварки деталей с разделкой кромки





В зависимости от формы и размеров свариваемых изделий используют ножевые, контурные или точечные волноводы. По внешнему виду наиболее широко применяют экспоненциальные, катеноидальные, ступенчатые, грибообразные волноводы, а также волноводы с комбинацией этих признаков. Выбор различных разновидностей волноводов определяют такими характеристиками волновода, как коэффициент усиления и стабильность амплитуды колебаний рабочего торца при изменении технологических параметров.

Следует отметить, что в волноводах указанных типов уровень напряжений в опасном сечении также различен и возрастает с увеличением коэффициента усиления, что следует учитывать при изготовлении и эксплуатации волноводов.

К материалам для изготовления акустических систем обычно предъявляют такие требования, как наименьший коэффициент потерь, высокие прочностные показатели при динамических нагрузках, стабильность свойств при изменении температурного режима. Существует широкий диапазон материалов, пригодных по отдельным показателям для изготовления волноводных систем: высокоуглеродистые стали, титан и его сплавы, сплавы на основе алюминия и др.

Разнообразие свойств и структур свариваемых материалов, конфигураций и размеров деталей, требований к сварным швам и самому свариваемому изделию обуславливает существование

различных схем сварки. Одна из схем процесса ультразвуковой сварки деталей показана на *рис. 2*.

Для концентрации напряжений в зоне сварки на детали выполнен V-образный выступ (*рис. 2, а*). Подвод энергии ультразвуковых колебаний осуществляют за счет контакта излучающей поверхности сонотрода с деталью (*рис. 2, б*). Такой контакт обеспечивается статическим давлением  $P_{ст}$  рабочего торца сонотрода на свариваемые детали. Благодаря молекулярному трению в структуре материала и трению на границе раздела выделяется определенное количество тепловой энергии, необходимой для плавления и сварки полимеров в зоне стыка 4 (*рис. 2, в*). При этом процесс значительно интенсифицируется за счет V-образного выступа.

Осуществлен выбор материала акустических систем с учетом волнового сопротивления свариваемого материала. Определены геометрические параметры волноводов. Отработаны режимы ультразвуковой сварки изделий из термопластичных полимеров. В *таблице* приведены оптимальные параметры сварки светотехнических устройств. Акустическая система изготовлена из алюминиевого сплава Д16-Т.

Работы, проведенные на ПО «Электроизмеритель» и ОАО «Руденск» по замене трудоемкой ручной технологии склеивания светотехнических устройств на технологию ультразвуковой сварки, показали, что применение ультразвука

**Таблица. Оптимальные режимы ультразвуковой сварки**

Деталь	Время сварки, с	Сила прижатия, Н	Амплитуда, мкм
Световозвращатель боковой 112.97.33.000	0,3	29	31
Световозвращатель боковой 112.97.09.000	0,5	33	30
Повторитель УП боковой 112.97.09.000	0,9	35	32
Оптическое дно фонаря МТЗ заднего	1,4	38	29
Фонарь боковой габаритный со светотражающим устройством 112.98.59.000	1,8	39	30
Световозвращатель педали 112.99.19.000	0,4	27	28
Корпус патрона фонаря бокового габаритного	0,6	30	31

при сварке пластмасс позволяет автоматизировать процесс соединения. При этом отпадает необходимость использования экологически вредных клеев. Испытания на прочность и герметичность показали, что выход годных изделий возрос с 60% при склеивании до 99,7–100% при сварке. Время же процесса соединения снизилось с 10–20 с при склеивании до 0,3–1,5 с при сварке. Эти показатели, характеризующие качество сварного соединения и производительность процесса обработки, значительно превосходят аналогичные показатели других способов соединения пластмасс. ■ #134

## Фильтровентиляционная установка для очистки воздушных выбросов от пыли и аэрозолей при сварке и пайке

► (Окончание. Начало на стр. 13)

Таким образом, в фильтровентиляционной установке три ступени очистки: предварительная (с выполнением одновременно роли усреднителя потока газов по всему сечению установки); тонкая и газовая (с выполнением дополнительно задержки вторичных крупных агломератов).

Воздуховод предназначен для приема и направленного движения потока воздуха к блоку фильтров и является системой из труб и гибких рукавов, соединенных при помощи шарниров, позволяющих обеспечивать установку заборного раструба в любую точку зоны обслуживания.

Тележка предназначена для обеспечения передвижения фильтровального блока и состоит из рамы, четырех колес, два из которых могут поворачиваться вокруг вертикальной оси.

Блок питания и управления предназначен для обеспечения электростатического фильтра соответствующим напряжением и управления работой установки. Он представляет собой корпус, на панели которого расположены кнопки и сигнальная аппаратура, а внутри корпуса размещена электроаппаратура для обеспечения необходимых параметров и сигналов.

После запуска установки загрязненный воздух из зоны сварки всасывается через воздуховод в фильтр. Далее воздух проходит фильтр предварительной очистки, где он очищается от крупных частиц. Затем воздух проходит через кас-

сету коронирующих электродов, где твердые частицы электризуются и, перемещаясь в зону кассеты осадительных электродов, оседают на пластинах. Окончательная очистка воздуха от не осевших частиц и газов происходит в фильтре тонкой очистки при прохождении через слой активированного угля. Очищенный воздух при помощи вентилятора возвращается в производственное помещение.

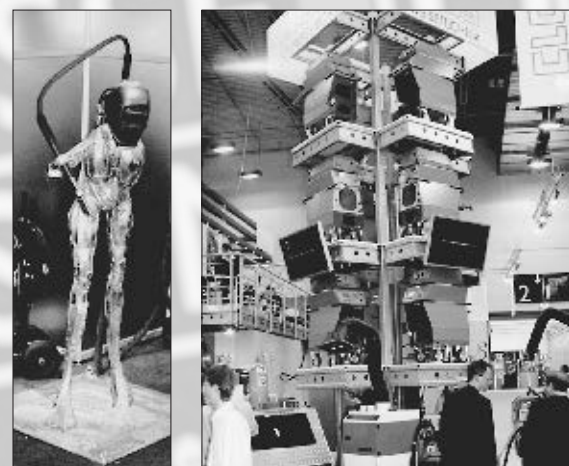
Использование ФВУ позволяет очищать воздух, например, от сварочной пыли с размером частиц до 0,05 мкм — на 99,7%, от оксида углерода — на 95,7%, сохранять в течение отопительного сезона тепло в производственных помещениях.

НИИтехномашем разработана техническая документация на ФВУ и изготовлены опытные образцы производительностью 40, 120, 500 и 1000 м<sup>3</sup>/ч. ■ #132



# Сварочная олимпиада

С 12 по 18 сентября 2001 г. в Национальном выставочном комплексе г. Эссен (Германия) прошла 15-я Международная выставка «Сварка-Резка 2001».



Организаторы выставки — Немецкое сварочное Общество и выставочная компания Messe-Эссен собрали в этом году около 1500 участников — фирм, предприятий и организаций из более чем 50 стран, которые на площади 104 тыс. м<sup>2</sup> демонстрировали современные достижения в области сварки и родственных процессов. Выставка в Эссене проводится один раз в четыре года и по своим размерам и представительности не случайно называется «Сварочной олимпиадой».

Национальные федерации и сварочные Общества Китая, Кореи, Румынии, Словакии, Чехии, России, США, Украины и других стран прислали делегации, насчитывающие 100 и более экспертов.

Во время проведения выставки был организован ряд дополнительных мероприятий. Например, QTI — «Quality Testing International» — управление и контроль качества, определение свойств материалов; Innovation Forum — 23 исследовательских центра Европы демонстрировали более 100 инновационных проектов в области лазерной и электронно-лучевой сварки, испытания и создания новых материалов, модернизации оборудования для гибридных способов сварки.

Отличительным признаком прошедшей выставки явилось то, что на ней демонстрировались не только сварочная техника, материалы и аксессуары, но и высокие технологии в области сварки, пайки, нанесения покрытий и т. д.

Объединенная экспозиция, подготовленная Научно-техническим комплексом «Институт электросварки им. Е. О. Патона», на которой были представлены

достижения украинской сварочной науки и производства, вызвала большой интерес у участников и посетителей выставки.

Экспертам из многих стран мира были продемонстрированы уникальные технологии сварки в космосе и медицине, а также технологии обработки материалов и получения разнородных соединений с помощью взрыва, и другие технологии, созданные в ИЭС им. Е. О. Патона, конкурентоспособные образцы сварочной техники, изготовленные ведущими украинскими производителями: Каховским заводом электросварочного оборудования, Симферопольским электромашиностроительным заводом, Сумским машиностроительным объединением, Запорожским заводом сварочных флюсов, Краматорским автогенным заводом.

На церемонии открытия выставки Президент Немецкого сварочного Общества подчеркнул значимость присутствия Украины на форуме сварщиков всего мира. Это послужит дальнейшему развитию международного сотрудничества ученых и производителей, будет способствовать укреплению позиций Украины на мировом рынке сварочных технологий.

В ходе выставки состоялись многочисленные встречи и переговоры украинских специалистов с экспертами многих стран, подготовлены предконтрактные предложения, намечены планы взаимного сотрудничества. Несомненно, участие украинских ученых и производителей в выставке можно признать успешным.

*Более подробная информация о выставке «Сварка-Резка 2001» будет опубликована в следующих номерах журнала «Сварщик».*



Фото В. А. Никитенко

# В Эссене





# Сварочная олимпиада

# В Эссене

DIE OLYMPIADE DER SCHWEISSTECHNIK



MESSE ESSEN

12.-18. September

С 12 по 18 сентября 2001 г. в Национальном выставочном комплексе г. Эссен (Германия) прошла 15-я Международная выставка «Сварка-Резка 2001».

Организаторы выставки — Немецкое сварочное Общество и выставочная компания Messe-Эссен собрали в этом году около 1500 участников — фирм, предприятий и организаций из более чем 50 стран, которые на площади 104 тыс. м<sup>2</sup> демонстрировали современные достижения в области сварки и родственных процессов. Выставка в Эссене проводится один раз в четыре года и по своим размерам и представительности не случайно называется «Сварочной олимпиадой».

Национальные федерации и сварочные Общества Китая, Кореи, Румынии, Словакии, Чехии, России, США, Украины и других стран прислали делегации, насчитывающие 100 и более экспертов.

Во время проведения выставки был организован ряд дополнительных мероприятий. Например, QTI — «Quality Testing International» — управление и контроль качества, определение свойств материалов; Innovation Forum — 23 исследовательских центра Европы демонстрировали более 100 инновационных проектов в области лазерной и электронно-лучевой сварки, испытания и создания новых материалов, модернизации оборудования для гибридных способов сварки.

Отличительным признаком прошедшей выставки явилось то, что на ней демонстрировались не только сварочная техника, материалы и аксессуары, но и высокие технологии в области сварки, пайки, нанесения покрытий и т. д.

Объединенная экспозиция, подготовленная Научно-техническим комплексом «Институт электросварки им. Е. О. Патона», на которой были представлены

достижения украинской сварочной науки и производства, вызвала большой интерес у участников и посетителей выставки.

Экспертам из многих стран были продемонстрированы уникальные технологии сварки в космосе и медицине, а также технологии обработки материалов и получения разнородных соединений с помощью взрыва, и другие технологии, созданные в ИЭС им. Е. О. Патона, конкурентоспособные образцы сварочной техники, изготовленные ведущими украинскими производителями: Каховским заводом электросварочного оборудования, Симферопольским электромашиностроительным заводом, Сумским машиностроительным объединением, Запорожским заводом сварочных флюсов, Краматорским автогенным заводом.

На церемонии открытия выставки Президент Немецкого сварочного Общества подчеркнул значимость присутствия Украины на форуме сварщиков всего мира. Это послужит дальнейшему развитию международного сотрудничества ученых и производителей, будет способствовать укреплению позиций Украины на мировом рынке сварочных технологий.

В ходе выставки состоялись многочисленные встречи и переговоры украинских специалистов с экспертами многих стран, подготовлены предконтрактные предложения, намечены планы взаимного сотрудничества. Несомненно, участие украинских ученых и производителей в выставке можно признать успешным.

*Более подробная информация о выставке «Сварка-Резка 2001» будет опубликована в следующих номерах журнала «Сварщик».*



Фото В. А. Никитенко



# Сварочная олимпиада

С 12 по 18 сентября 2001 г. в Национальном выставочном комплексе г. Эссен (Германия) прошла 15-я Международная выставка «Сварка-Резка 2001».

Организаторы выставки — Немецкое сварочное Общество и выставочная компания Messe-Эссен собрали в этом году около 1500 участников — фирм, предприятий и организаций из более чем 50 стран, которые на площади 104 тыс. м<sup>2</sup> демонстрировали современные достижения в области сварки и родственных процессов. Выставка в Эссене проводится один раз в четыре года и по своим размерам и представительности не случайно называется «Сварочной олимпиадой».

Национальные федерации и сварочные Общества Китая, Кореи, Румынии, Словакии, Чехии, России, США, Украины и других стран прислали делегации, насчитывающие 100 и более экспертов.

Во время проведения выставки был организован ряд дополнительных мероприятий. Например, QTI — «Quality Testing International» — управление и контроль качества, определение свойств материалов; Innovation Forum — 23 исследовательских центра Европы демонстрировали более 100 инновационных проектов в области лазерной и электронно-лучевой сварки, испытания и создания новых материалов, модернизации оборудования для гибридных способов сварки.

Отличительным признаком прошедшей выставки явилось то, что на ней демонстрировались не только сварочная техника, материалы и аксессуары, но и высокие технологии в области сварки, пайки, нанесения покрытий и т. д.

Объединенная экспозиция, подготовленная Научно-техническим комплексом «Институт электросварки им. Е. О. Патона», на которой были представлены

достижения украинской сварочной науки и производства, вызвала большой интерес у участников и посетителей выставки.

Экспертам из многих стран мира были продемонстрированы уникальные технологии сварки в космосе и медицине, а также технологии обработки материалов и получения разнородных соединений с помощью взрыва, и другие технологии, созданные в ИЭС им. Е. О. Патона, конкурентоспособные образцы сварочной техники, изготовленные ведущими украинскими производителями: Каховским заводом электросварочного оборудования, Симферопольским электромашиностроительным заводом, Сумским машиностроительным объединением, Запорожским заводом сварочных флюсов, Краматорским автогенным заводом.

На церемонии открытия выставки Президент Немецкого сварочного Общества подчеркнул значимость присутствия Украины на форуме сварщиков всего мира. Это послужит дальнейшему развитию международного сотрудничества ученых и производителей, будет способствовать укреплению позиций Украины на мировом рынке сварочных технологий.

В ходе выставки состоялись многочисленные встречи и переговоры украинских специалистов с экспертами многих стран, подготовлены предконтрактные предложения, намечены планы взаимного сотрудничества. Несомненно, участие украинских ученых и производителей в выставке можно признать успешным.

*Более подробная информация о выставке «Сварка-Резка 2001» будет опубликована в следующих номерах журнала «Сварщик».*

# В Эссене



Фото В. А. Никитенко





# НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

**Р**асскажите, пожалуйста, о газовой сварке алюминия и его сплавов.

**Шкурай Д. Б. (Киев),  
 Иванов М. С. (Москва), Скок Д. В. (Малин)**

Алюминиевые сплавы делят на две группы: *деформируемые* (ГОСТ 4784) и *литейные* (ГОСТ 2685). Наиболее распространенные деформируемые —

сплавы алюминия с марганцем (АМц) и магнием (АМг), а также термопрочные сплавы с медью типов Д1 и Д16 (дюралюминий). Из литейных сплавов чаще всего применяют различные виды силумина (сплава алюминия с кремнием) типов АЛ2, АЛ4 и АЛ9. Характеристика свариваемости газовой сваркой широко используемых алюминиевых сплавов приведена в *табл. 1*.

В настоящее время сварку деформируемых алюминиевых сплавов производят преимущественно дугowymi способами и, в частности, аргонодуговой сваркой. Газовую сварку используют при отсутствии такой возможности. Литейные алюминиевые сплавы хорошо поддаются газовой сварке, и этот способ, наравне с аргонодуговой сваркой, широко применяют при заварке дефектов литья и при ремонте. Основные затруднения при газовой сварке алюминиевых сплавов связаны с их особыми физико-химическими свойствами:

- алюминий легко окисляется с образованием тугоплавкой пленки оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ), препятствующей процессу сварки. Для удаления пленки из шва приходится пользоваться присадочной проволокой и специальными флюсами, которые способствуют переводу пленки в шлаковые включения и растворению их в жидкой ванне;
  - алюминий имеет высокий коэффициент линейного расширения (например, в два раза больше, чем у низкоуглеродистой стали). В результате при сварке возникают значительные остаточные напряжения и деформации, которые в сочетании с неправильным режимом охлаждения (чрезмерно резким) могут привести к образованию трещин в процессе завершения кристаллизации металла шва.
- Поэтому требуются дополнительные меры для предотвращения трещинообразования. К ним относят: тщательный контроль за соблюдением сварочных операций, подбор соответствующих марок присадочных металлов, строгое фиксирование деталей при сварке, исключение возможность их перемещения в нагретом состоянии, и проведение термообработки сварного соединения после сварки.

**Таблица 1. Алюминиевые сплавы и их свариваемость газовой сваркой**

Группа	Марка	Характеристика свариваемости
<i>Деформируемые сплавы</i>		
Алюминиево-марганцевые с содержанием от 1 до 1,6% марганца	АМц	Хорошая
Алюминиево-магниевого с содержанием от 2 до 6% магния	АМг1	Удовлетворительная
	АМг3	Хорошая
	АМг5	Удовлетворительная
	АМг6	»
	АМг7	»
Алюминиево-медные (типа дюралюминия)	Д1	Плохая
	Д16	»
Термопрочные сплавы	АВ	»
	АК	»
	В95	»
<i>Литейные сплавы</i>		
Алюминиево-кремнистые (типа силумин) с содержанием от 4 до 13% кремния	АЛ2	Удовлетворительная
	АЛ4	»
	АЛ9	»

**Таблица 2. Режимы газовой сварки алюминиевых сплавов**

Толщина детали, мм	Номер наконечника горелки	Диаметр присадочной проволоки, мм	Давление кислорода, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Расход ацетилен, л/ч	Способ сварки
До 1,5	0-1	1,5-2,5	0,15 (1,5)	50-100	Левый
1,5-3,0	1-2	2,5-3,0	0,2 (2,0)	100-200	»
3,0-5,0	2-3	3,0-4,0	0,2-0,25 (2,0-2,5)	200-400	»
5,0-10,0	3-5	4,0-6,0	0,25-0,3 (2,5-3,0)	400-700	Правый
10,0-15,0	3-6	5,0-8,0	0,3-0,35 (3,0-3,5)	700-1200	»
15,0-25,0	5-6	5,0-8,0	0,35-0,4 (3,5-4,0)	900-1200	»
Свыше 25,0	5-6	8,0-10,0	0,4-0,6 (4,0-6,0)	900-1200	»

*Примечание. Соотношение газов в ацетилено-кислородной смеси составляет 1,0-1,1.*

**Таблица 3. Присадочные материалы для газовой сварки алюминия и его сплавов**

Марка	Основные назначения	Комментарии специалистов
Св-АВ00	Для сварки чистого алюминия типов А1, А2, А3	—
Св-АГ	То же	—
Св-АМг3	Для сварки деформируемых сплавов АМц и АМг3, а также сплавов АМг3 с алюминием А3	Применять при толщине до 1 мм
Св-АМг5	То же	—
Св-АМг6	»	—
Св-АМг7	»	—
Св-АК3	Для сварки литейных сплавов	—
Св-АК5	То же	Может быть использован для сварки дюралюминия и сплава В95 при толщине более 1 мм
Св-АК10	»	—
Св-АК12	»	—

**Таблица 4. Последовательность операций и техника газовой сварки литых алюминиевых сплавов**

Стадия процесса	Операция и техника сварки	Комментарии специалистов
Подготовка отливки под сварку (заварку)	Очистить поверхность детали под сварку с помощью проволочных металлических щеток. При повышенных требованиях к качеству соединения следует использовать обезжиривающие растворы и травление в щелочах. Остатки масла выжигать пламенем горелки	Раствор для обезжиривания: 5%-й водный раствор едкого натра. Выдержка в растворе 1–2 мин и промывка теплой водой. Травление в 30%-м водном растворе азотной кислоты, выдержка 1–2 мин, промывка теплой водой и просушка при 60 °С
Разделка дефекта	Разделить место дефекта под сварку шарошками, сверлами, пневмозубилом или другим инструментом под V-образный шов с углом раскрытия 90° и закруглением для получаемой канавки. Засверлить концы трещины сверлом диаметром 6–8 мм	При небольшой толщине стенки детали разделку производят без скоса кромок, при сквозной трещине — на всю глубину, несквозной — на 2–3 мм больше глубины трещины
Установка отливки под заварку дефекта	Установить деталь в зоне действия вытяжной вентиляции с расположением дефекта в нижнем положении	—
Выбор режима сварки и рода газа	Отрегулировать мягкое нормальное ацетиленокислородное пламя в соответствии с рекомендациями табл. 2. Выбрать присадочный металл соответствующих марки и диаметра согласно табл. 3, приготовить флюс	Возможно использование газов-заменителей ацетилена. Пропан-бутан применяют для толщин до 8 мм, но производительность сварки при этом снижается на 15–20%
Нагрев и обработка поверхности дефекта	Нанести флюс тонким слоем на присадку и поверхность дефекта. Осуществить предварительный общий подогрев завариваемой отливки до 250 °С, а отливки из силумина до 300–400 °С	— Малогабаритные изделия нагревают пламенем горелки или электронагревательными приспособлениями, а крупногабаритные отливки — в печах
Заполнение дефекта (заварка) присадочным металлом	Расплавить кромки дефекта пламенем горелки, расположив ее так, чтобы его ядро находилось на расстоянии 3–5 мм от поверхности расплавленного металла, в который должен быть погружен присадочный пруток. Заварить трещину (дефект) расплавленным металлом правым способом (при толщине более 5 мм), начиная от ее середины, участками длиной 60–70 мм поочередно в одну и другую стороны	Угол наклона мунштука горелки к поверхности дефекта должен быть 40–60° при толщине до 5 мм и 60–80° при большей толщине. Присадочный пруток должен находиться под углом 40–60° —
Окончание заварки	Укрыть отливку и место дефекта асбестом или засыпать песком и обеспечить после сварки медленное ее охлаждение. Произвести проковку отливки, совмещая ее с отжигом при температуре 300–350 °С и с выдержкой в печи в течение 2–5 ч для снятия остаточных напряжений и улучшения механических свойств сварного соединения. Очистить место заварки волосяными щетками от остатков флюса и шлаков, используя 2%-й раствор азотной кислоты, затем промыть проточной горячей водой и просушить	— Промывку производить не позднее чем через 1 ч после сварки

При сварке алюминиевых сплавов необходимо учитывать их склонность к поробразованию из-за растворения водорода, содержащегося в пламени. Для уменьшения вероятности возникновения пористости необходимо уменьшить скорость сварки и использовать предварительный подогрев свариваемых деталей. При газовой сварке алюминия и его сплавов чаще всего применяют ацетилен, но можно использовать и водород (для толщин до 1,2 мм), пропан-бутан (для толщин до 3 мм) и другие газы-заменители.

Сварку нужно производить мягким (при давлении кислорода 0,15–0,2 МПа) нормальным пламенем. Использование пламени с избытком ацетилена приводит к увеличению пористости сварного соединения, а применение окислительного пламени недопустимо, так как оно благоприятствует образованию оксида алюминия.

Мощность ацетиленокислородного пламени устанавливают из расчета

75 л/ч на 1 мм толщины свариваемой детали. Для газов-заменителей ацетилена необходимо учитывать значение коэффициентов замены (ацетилен — 1,0, природный газ — 1,8, городской газ — 3,0, пропан-бутановые смеси — 0,6). Рекомендуемые режимы газовой сварки алюминиевых сплавов приведены в *табл. 2*, а присадочные материалы, используемые при сварке, — в *табл. 3*. Как правило, газовую сварку выполняют с применением флюсов в виде порошка или пасты (смесь флюса с водой).

Наибольшее распространение получил флюс АФ-4А на основе хлорных соединений калия, натрия и лития (соотношение компонентов, %: 28 NaCl; 50 KCl; 14,0 LiCl; 8,0 NaF). Основным видом соединения при газовой сварке алюминия и его сплавов является стыковое, выполняемое с различной разделкой кромок. Тавровые и нахлесточные соединения, из которых трудно

удалять флюсы и шлаки, применять не рекомендуют.

Сварку нужно производить в нижнем положении, желательнее за один проход. Для толщин до 5 мм чаще применяют левый способ, а при толщине более 5 мм — правый способ. Сварку необходимо вести быстро, не задерживаясь на месте. При сварке пластин процесс следует начинать, отступив от края на 80–100 мм, и вести его обратноступенчатым способом, т. е. пропущенный участок заваривать в обратном направлении. Детали толщиной более 10 мм перед сваркой рекомендуют подогревать до 300–350 °С в электропечах или пламенем газовых горелок. Заварку алюминиевого литья производят аналогичным образом. Последовательность операций и техника сварки приведены в *табл. 4*.

*На вопрос отвечает  
канд. техн. наук  
Ю. В. Демченко*

# Промышленные роботы в сварочном производстве

**В. Н. Бернадский**, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

**В** последние десятилетия робототехника заняла ведущее место в автоматизации современного промышленного производства. Инженерные и технологические разработки средств робототехники концентрируются, в основном, собственно на промышленных роботах, имеющих наибольший спрос и уже сложившиеся области эффективного применения, в первую очередь, в сварочном производстве. При снижении стоимости промышленных роботов весомые успехи отмечают в повышении их служебных характеристик, гибкости и надежности. Самые же значительные достижения наблюдаются в области систем управления роботами благодаря использованию в них новых поколений микропроцессоров, которые обеспечивают увеличение их функционально-производственных возможностей.

Расширение применения роботов в промышленном производстве, в том числе в сварочном, обусловлено не только стремлением к повышению производительности, но и насущной необходимостью обеспечить высокое качество продукции и стабильность этого показателя при больших партиях или при частых изменениях объектов производства. По мнению экспертов, серьезными стимулами роста инвестиций в производство и применение промышленных роботов также являются:

- непрерывное снижение стоимости промышленных роботов на фоне роста стоимости рабочей силы: в частности, в период с 1990 г. до 1999 г. средняя цена промышленных роботов на рынке США снизилась на 40%, в то время как стоимость рабочей силы за то же десятилетие повысилась на 38–39%;
- недостаток квалифицированной рабочей силы: так, в Японии в последние годы наблюдается хронический дефицит сварщиков, резчиков и операторов сварочного оборудования, который составляет 8–10% от общей численности сварочного персонала, что в два раза выше среднего показателя по стране;
- освобождение работающих на производстве от тяжелого, интенсивного и монотонного труда;
- возможность улучшения экологической обстановки и снижения вредного влияния производства, особенно сварочного, на здоровье производственного персонала.

По данным Международной федерации робототехники (IFR), на начало 2000 г. в мире было выпущено около миллиона промышленных роботов и примерно 743 000 из них находятся в эксплуатации, составляя общемировой парк промышленных роботов всех типов. По краткосрочному прогнозу IFR, к 2003 г. общемировой парк будет возрастать в среднем на 5% в год и достигнет численности 892 000 шт.

Динамика роста стоимостного объема рынка промышленных роботов в период 1997–1999 гг. в мире и в ряде ведущих стран представлена в *табл. 1*. Как видно из этих данных, в 1999 г. на рынке было реализовано более 81 500 роботов на сумму более 5,1 млрд. долл. США. При этом средняя стоимость одного робота непрерывно снижается: если в 1991 г. она составляла 103 000 долл. США, то в 1995 г. — уже 74 000 долл. США, а в 1999 г. — 62 000 долл. США. Наиболее дорогие роботы выпускают фирмы США (90–100 тыс. долл. США), а наиболее

дешевые (30–35 тыс. долл. США) — фирмы Республики Корея.

На период 2000–2003 гг. прогнозируется среднегодовой темп роста количественного объема продаж в пределах 10%, что позволяет ожидать в 2003 г. продажу на мировом рынке более 120 000 промышленных роботов.

При общей тенденции неуклонного роста количества устанавливаемых и вводимых ежегодно в эксплуатацию промышленных роботов, а также роста общего парка роботов темпы и характер развития роботизации в отдельных регионах и странах мира отличаются весьма существенно. Статистические данные по упомянутым двум показателям за 1999 г. и прогнозируемые объемы на 2003 г. для основных регионов мира приведены в *табл. 2*. Данные о количестве устанавливаемых роботов обычно более достоверны, чем данные об общем (накопленном) количестве (парке) роботов, ибо сведения о демонтаже или прекращении эксплуатации роботов обычно не столь оперативны. За исключением нескольких стран все регионы имеют в 1999 г. положительные по сравнению с 1998 г. темпы прироста ежегодно устанавливаемых промышленных роботов и численности общего парка, составляющие для мира в целом соответственно +17,9% и +4,9%. Прогноз на 2003 г. предусматривает среднегодовой темп прироста количества устанавливаемых в мире роботов около 15%, а темп прироста парка — примерно 6–7%.

Учитывая ведущую роль Японии в мире по роботизации промышленного производства, IFR в своих статистических обзорах выделяет эту страну и приравнивает ее к отдельным регионам мира. Так, Япония (см. *табл. 2*) безусловно лидер по количеству ежегодно вводимых роботов; в 1999 г. было установлено 35 600 тыс. роботов, а на 2003 г. прогнозируется установка 47 500 тыс. роботов. Парк промышленных роботов Японии в 1999 г. превышал половину общемирового парка, его

**Таблица 1. Стоимостный объем мирового рынка промышленных роботов и рынка ряда стран**

Страна	Текущие цены, млн. долл. США			
	1997	1998	1999	99/98, %
Япония	2 242	2 166	2 366	9,2
США	1 100	1 028	1 210	17,7
Германия	557	597	539	-9,7
Республика Корея	112	59	89	50,8
Италия	233	295	318	7,8
Великобритания	109	73	86	17,8
Франция	98	99	183	84,8
Всего	4 450	4 317	4 792	11,0
Все другие страны	414	499	347	-30,5
Всего, мир	4 864	4 816	5 139*	6,7

\* Количество реализованных на оптовом рынке в 1999 г. роботов составило 81 508 шт.

**Таблица 2. Количество ежегодно устанавливаемых промышленных роботов и их общий парк (регионы мира)**

Регион, страна	Количество установ- ленных роботов, шт.		Общий парк роботов, шт.	
	1999 г.	2003 г. (прогноз)	1999 г.	2003 г. (прогноз)
Япония (все типы ПР)	35 609	47 500	402 212	384 700
США	15 063	24 000	92 860	155 400
Европейский Союз (10 стран)	25 087	37 400	176 210	262 300
Другие страны Европы (9 стран)	1 201	2000	16 976	14 700
Азия/Австралия (4 страны)	4 056	8000	48 219	67 300
Другие страны	492	1000	5974	7800
Всего (все типы ПР), включая Японию	81 500	119 900	742 500	892 200

численность достигла 402 тыс. шт.; к 2003 г. численность японского парка роботов сократится до 385 тыс. шт., что составит 46,4% общемирового парка.

Отчасти это объясняется расширяющейся в Японии практикой выведения из эксплуатации промышленных роботов первых поколений и установкой прогрессивных многоцелевых роботов с повышенным качеством функционирования (скорость, воспроизводимость, точность, надежность) и микропроцессорными системами управления, доля которых в 2003 г. будет доведена до 83%.

Общая численность парка действующих роботов в различных странах мира отличается весьма значительно. Достаточно корректно сопоставление уровня роботизации промышленности различных стран мира принято проводить по такому условному показателю, как «плотность роботов», т. е. количество роботов, приходящихся на 10 000 чел., работающих в промышленности. Как видно из табл. 3, самую высокую «плотность» промышленных роботов всех типов (280–102 ПР/10 000 чел.) имели в 1999 г. четыре страны: Япония, Сингапур, Республика Корея и Германия. Следует отметить, что на предприятиях Сингапура применяют, в основном, простейшие роботы для несложных сборочно-монтажных операций в радиоэлектронной промышленности, а по плотности прогрессивных типов роботов Сингапур занимает одно из последних мест среди других стран.

Робототехника стабильно развивается, в первую очередь, в промышленном производстве. Основным потребителем промышленных роботов была и остается на ближайшие 5–10 лет автомобильная индустрия. Постепенно расширяется применение промышленных роботов для сварки в судокорпусном производстве.

Отрасли общего машиностроения пока сохраняют свои небольшие позиции по использованию промышленных роботов, сюда входит производство строительного дорожно-транспортного оборудования, электротехнического и энергетического, а также авиационной промышленности. В ближайшей перспективе крупным потенциальным потребителем промышленных роботов должна стать пищевая промышленность.

Международная федерация робототехники (IFR) приняла достаточно четкую систему классификации промышленных роботов по областям их технологического применения или видам операций. Она охватывает основные технологии физико-химической и механической обработки конструкционных материалов, а также такие вспомогательные процессы и такие операции промышленного производства, как метрология и контроль, упаковка, складирование, транспортирование и др.

Основную группу роботов по их технологическому назначению составляют роботы, предназначенные для сварки (класс IFR 160) и родственных технологий (резка, пайка, склеивание, нанесение покрытий, сборка), входящие в классы IFR 170, 190 и 200. В класс IFR 160 включены отдельные типы роботов для дуговой, контактной (точечной), газопламенной, лазерной сварки и прочих сварочных процессов.

Класс IFR 170 включает роботы, предназначенные для таких смежных операций, как нанесение газотермических покрытий, нанесение клеев в производстве клеесварных и клееных конструкций.

Промышленные роботы, предназначенные для выполнения специальных процессов (класс IFR 190), используют для автоматизации лазерной и плазменной резки (класс IFR 191) и для нового, перспективного процесса — гидроабразивной резки (класс IFR 192).

**Таблица 3. Плотность промышленных роботов всех типов (количество роботов на 10 000 работающих в промышленности) в странах мира, 1999 г.**

Страна	Плотность роботов, шт./10 000 чел.	Парк роботов, шт. (справочно)
Япония (все типы ПР)	280	402 212
Сингапур	148	5270
Республика Корея	116	33 656
Германия	102	81 203
Швеция	69	5595
Италия	67	34 991
Финляндия	51	2276
Бенилюкс	49	7803
США	48	92 860
Франция	48	18 163
Швейцария	46	3632
Австрия	44	3000
Испания	41	10 473
Австралия	25	2871
Дания	24	1169
Великобритания	23	11 537
Норвегия	16	485
Словения	13	303
Словакия	13	580
Чехия	11	1315
Россия	8	10 000
Польша	2	496
Венгрия	2	164
Тайвань	—	6422
Другие страны	—	5 974
Всего	—	742 451



Второй (по численности парка) после сварки областью применения промышленных роботов является сборка (класс IFR 200). Этот класс роботов, кроме собственно сборки и монтажа, включает в себя роботы для таких технологических операций неразъемного соединения деталей, как механическое соединение просечкой, клепкой-чеканкой и др. (класс IFR 201), сварочные прихватки (класс IFR 203) и даже пайка мягким



## Промышленные роботы в сварочном производстве

**Таблица 4. Международная классификация  
 промышленных роботов, применяемых  
 в сварочном производстве**

IFR класс	Области технологического применения
160	<b>Процессы сварки</b>
161	Дуговая сварка
162	Точечная сварка
163	Газовая / пламенная сварка
164	Лазерная сварка
169	Прочие
170	<b>Процессы распыления</b>
171	Окраска / нанесение покрытий
172	Герметизация / склеивание
179	Прочие
190	<b>Специальные процессы</b>
191	Лазерная и плазменная резка
192	Гидроабразивная резка
199	Прочие
200	<b>Сборка</b>
201	Механическая сборка / соединение
202	Сортировка / монтаж / резка
203	Сцепление / прихватка
204	Пайка мягким припоем
205	Управление сборочными операциями
209	Прочие
220	<b>Измерение / контроль / диагностика</b>

**Таблица 5. Парк специальных промышленных  
 роботов в Японии, шт.**

Подкласс IFR	Технологическое назначение	1994 г.	1999 г.	99/94 гг. изменение, раз
163	Газовая сварка	75	226	×3,0
164	Лазерная сварка	9	235	×26,1
191	Лазерная сварка	47	279	×5,9
192	Гидроабразивная сварка	26	447	×17,2

припоем (класс IFR 204). Имеют непосредственное отношение к сварке и промышленные роботы класса IFR 220, в частности, предназначенные для операций неразрушающего контроля и диагностики качества сварных соединений.

Доля сварочных роботов (класс IFR 160), эксплуатируемых в промышленности ведущих стран, находится в интервале 35–53% от общей численности парка, а сборочных (класс IFR 200) составляет 26,4% от общемирового парка. Доли сборочных роботов в отдельных странах различаются существенно: от 1,7% до 41,2%. Как правило, наибольший парк роботов, предназначенных для монтажно-сборочных операций, имеется в странах с развитым производством изделий точной механики и электронной техники, например, в Японии (41,2%), Финляндии (19,0%) и Республике Корея (15,9%).

Собственно сварочные роботы (класс IFR 160, табл. 4) включают два основных типа роботов: первый — класс IFR 161 для электродуговой сварки в среде защитных газов и второй — класс IFR 162 для контактной точечной сварки. Их соотношение в промышленности различных стран отличается заметно (рисунком). Так, в Японии сварочные роботы преимущественно оснащены технологическим инструментом — горелками для дуговой сварки (66%), и только 33% предназначены для контактной точечной сварки. В США и ФРГ противоположная тенденция — в парке сварочных роботов преобладают роботы для контактной сварки (соответственно 67 и 64%), а роботы для дуговой сварки в защитных газах только несколько превышают треть общего парка. Такая структура, по-видимому, определяется технологическими особенностями производства и определенными традициями.

Международная федерация робототехники в ежегодном обзоре от 2000 г. приводит весьма интересные данные о численности в Японии роботов, предназ-

наченных для автоматизации других операций, кроме традиционной дуговой и контактной сварки. Это относится в первую очередь к промышленным роботам для лазерной сварки и резки, газовой сварки и гидроабразивной резки. В табл. 5 дана количественная информация о парке специальных роботов и темпе его роста в период 1994–1999 гг.

Впечатляющие темпы развития робототехники в конце XX века, сопровождающиеся снижением их стоимости, расширением областей применения, увеличением разнообразия выполняемых технологических операций и повышением качества функционирования. Робототехника выросла в такой степени, что она является опорой современного автоматизированного промышленного производства.

Наиболее представительной группой промышленных роботов, как показано выше, являются роботы, предназначенные для сварочных и родственных технологических операций. Именно эти роботы из года в год «осваивают» новые области применения в сварочном производстве благодаря использованию таких самых прогрессивных в сварочном производстве технологий, как лазерная сварка и резка (в том числе и под водой), гидроабразивная и плазменная резка, нанесение припоев и клеев, поверхностная обработка и др. Одновременно растет конструктивное разнообразие сварочных роботов и расширяется их технологическая функциональность. При этом существенно меняются схемы производства сварных изделий и элементов конструкций. Создаются роботизированные поточные линии со встроенными сварочными ячейками и специальными порталами для перемещения роботов и др. Роботизация промышленного производства и, в частности, сварочного производства — это безусловно наиболее прогрессивный и экономически эффективный путь его развития. ■ #135

## ООО «Днепрсварка»

◆ Генераторы АСП ◆ Горелки ◆ Резаки ◆ Редукторы ◆ Карбид ◆ Рукава ◆

19129 г. Днепропетровск, ул. Паникахи, 2  
 тел.: (056) 744-96-45, 744-96-46

http://www.svarka.dp.ua  
 E-mail:svarka@a-teleport.com

# Расчеты и практические приемы доводки физико-химических характеристик жидких стекол в электродном производстве

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

**П**роцесс изготовления жидких стекол должен обеспечивать получение на выходе стекол с минимально возможными отличиями параметров одной изготовленной партии от другой. Этого можно достигнуть только в том случае, если процессом предусмотрены приемы доводки стекол до соответствующих характеристик. В настоящей статье рассмотрены практические методы доводки основных параметров жидкого стекла — модуля, плотности и вязкости.

В практике отечественного электродного производства жидкое стекло (водный раствор щелочных силикатов), как правило, готовится непосредственно на электродном предприятии путем растворения силикатной глыбы и доводки физико-химических характеристик стекол до значений, регламентируемых технологической инструкцией для конкретной марки электродов.

Как известно, щелочные силикаты характеризуются нестехиометрическим составом. Поэтому основные физико-химические характеристики жидких стекол, определяющие технологичность изготовления и качество готовых электродов (модуль, плотность и вязкость), если персоналом не предприняты управляющие действия, могут колебаться в достаточно широких пределах. Это отрицательно сказывается на стабильности технологического процесса изготовления электродов. Зарубежные изготовители электродов, как правило, имеют возможность получать у своих поставщиков жидкие стекла с достаточно узкими отклонениями основных параметров от номинальных. Например, судя по опубликованным данным, модуль калиевого стекла, используемого фирмой ESAB, колеблется в пределах  $3,35 \pm 0,05$  единиц; вязкость натриевого жидкого стекла марки В 21 на фирме «Oerlikon» не выходит за границы от 200 до 500 сП; плотность натриевого жидкого стекла марки Na 41, которое применяет аргентинская

фирма «Copaqco», должна находиться в диапазоне от 1383 до 1410 кг/м<sup>3</sup>.

**Регулирование модуля жидкого стекла.** Модуль характеризует молярное отношение содержания оксидов кремния и щелочей в жидком стекле или силикатной глыбе. Действующие стандарты на силикатные глыбы, особенно на натриевую, допускают достаточно широкие пределы колебания модуля. Слишком низкий модуль жидкого стекла (менее 2,75 единиц), так же как и очень высокий (более 3,3–3,4 единицы), неблагоприятно влияют на технологию производства и качество готовых электродов. Понизить модуль в производственных условиях можно путем добавления щелочей, а повысить — растворением определенных форм кремнезема. Смешиванием стекол с разными модулями можно добиться повышения модуля одного и понижения модуля другого жидкого стекла. Для осуществления любой из названных корректировок используют расчеты:

**Понижение модуля жидкого стекла.** Добавки щелочей — гидроксидов натрия и/или калия (в зависимости от вида жидкого стекла) — можно вводить непосредственно в автоклав при растворении силикат-глыбы или в готовое жидкое стекло. Щелочи применяют в твердом виде или виде концентрированного водного раствора. Необходимое количество щелочей в расчете на оксид определяют по следующим формулам:

$$x=1,032\text{SiO}_2 / M-\text{Na}_2\text{O}; \quad (1)$$

для калиевого жидкого стекла —

$$y=1,566\text{SiO}_2 / M-\text{K}_2\text{O}; \quad (2)$$

для калиево-натриевого жидкого стекла (АСКН-1, КН) —

$$x=0,347\text{SiO}_2 / M-\text{Na}_2\text{O}; \quad (3)$$

$$y=1,042\text{SiO}_2 / M-\text{K}_2\text{O}; \quad (4)$$

для натриево-калиевого жидкого стекла (АСНК-1, АСНК-2, НК) —

$$x=0,806\text{SiO}_2 / M-\text{Na}_2\text{O}; \quad (5)$$

$$y=0,345\text{SiO}_2 / M-\text{K}_2\text{O}, \quad (6)$$

где  $x$  и  $y$  — необходимое для корректировки количество соответственно натриевой или калиевой щелочи в пересчете на оксид;  $M$  — требуемое значение модуля;  $\text{SiO}_2$  — массовая доля кремнезема в исходном жидком стекле;  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  — массовая доля соответственно оксидов калия и натрия в исходном жидком стекле.

Пересчет оксидов натрия и калия на соответствующие твердые гидроксиды проводят по формулам:

$$\% \text{NaOH}_{\text{ТВ}} = 1,29\text{Na}_2\text{O}; \quad (7)$$

$$\% \text{KOH}_{\text{ТВ}} = 1,19\text{K}_2\text{O}; \quad (8)$$

или на водные растворы гидроксидов:

$$\% \text{NaOH}_{\text{Ж}} = 1,29\text{Na}_2\text{O} \cdot C_{\text{NaOH}}/100; \quad (9)$$

$$\% \text{KOH}_{\text{Ж}} = 1,19\text{K}_2\text{O} \cdot C_{\text{KOH}}/100, \quad (10)$$

где  $C_{\text{NaOH}}$  и  $C_{\text{KOH}}$  — концентрации соответственно натриевой и калиевой щелочей в растворе, мас. %.

**Пример расчета корректировки модуля калиево-натриевого жидкого стекла:**

Химический состав исходного жидкого стекла:  $\text{SiO}_2 = 27,4\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O} = 3,04\%$ ;  $\text{K}_2\text{O} = 8,47\%$ ;  $M = 3,28$ .

Необходимо понизить модуль на 0,38 — с 3,28 до 2,90. Корректировку проводим добавками  $\text{NaOH}$  и  $\text{KOH}$ . Тогда по уравнениям (3) и (4)

$$\text{Na}_2\text{O} = 0,347 \cdot 27,4 / 2,90 - 3,04 = 0,24\%;$$

$$\text{K}_2\text{O} = 1,042 \cdot 27,4 / 2,90 - 8,47 = 1,37\%;$$

или в пересчете на твердые щелочи

$$\text{NaOH}_{\text{ТВ}} = 1,29 \cdot 0,24 = 0,31\%;$$

$$\text{KOH}_{\text{ТВ}} = 1,19 \cdot 1,37 = 1,63\%.$$

Следует отметить, что введение щелочей существенно снижает вязкость и увеличивает плотность жидкого стекла. Следовательно, потребуется последующая доводка стекол по этим характеристикам.

**Повышение модуля жидкого стекла.** До последнего времени считалось, что в промышленных условиях невоз-

## Расчеты и практические приемы доводки физико-химических характеристик жидких стекол в электродном производстве

можно корректировать модуль жидкого стекла в сторону его увеличения (опыт использования опреснительных технологий здесь не рассматривают). В результате работ, проведенных в ИЭС им. Е. О. Патона, удалось выявить формы кремнезема, достаточно хорошо растворимые в жидком стекле. Разработана технология корректировки модуля жидких стекол, используемых в электродном производстве. На рис. 1 в качестве примера приведено изменение модуля, плотности и сухого остатка натриевого жидкого стекла под влиянием добавки

кремнезема. Использовали жидкое стекло с исходной вязкостью 185 сП, в нем растворяли вычисленную по формуле навеску кремнезема, после чего жидкое стекло с откорректированным модулем доводили, разбавляя, до исходной вязкости (200 сП). Видно, что модуль стекла практически линейно возрастает по мере увеличения количества растворенного кремнезема и может достигать весьма высоких значений. Плотность стекла и содержание в нем сухого остатка уменьшаются пропорционально концентрации растворенного кремнезема (при условии  $\eta = \text{const}$ ), что подтверждает усиление высокомолекулярных свойств жидкого стекла.

**Регулирование модуля смешиванием разномодульных жидких стекол.** Величина модуля  $M$ , полученного смешиванием разномодульных жидких стекол, подчиняется правилу аддитивности, т. е. пропорциональна доле каждого силиката в смеси:

$$M = a \cdot M_1 + b \cdot M_2, \quad (11)$$

где  $M_1$  и  $M_2$  — исходные модули стекол;  $a$  и  $b$  — соответствующие массовые доли каждого силиката в смеси.

По правилу аддитивности изменяется и плотность жидкого стекла (рис. 2). В то же время зависимость вязкости от доли силикатов в смеси не подчиняется закону аддитивности, а описывается экстремальной кривой с минимумом (см. рис. 2). Понижение вязкости смеси, вызванное смешиванием разномодульных жидких стекол, проявляется тем в большей мере, чем выше уровень вязкости стекол, взятых для смешивания. Например, введение 50–80% высокомолекулярного стекла в низкомолекулярное с начальным уровнем вязкости 1100–1200 сП приводит к получению смеси с вязкостью около 300 сП, а при начальном уровне вязкости исходных стекол около 200 сП минимальная вязкость такой же по составу смеси стекол составляет около 100 сП. Обнаруженная закономерность не зависит от вида смешиваемых стекол (монощелочных или комбинированных), и ее необходимо учитывать при использовании указанного метода регулирования модуля жидкого стекла, т. е. осуществлять дополнительно доводку смеси стекол по вязкости.

**Регулирование плотности и вязкости жидких стекол.** Пределы изменения плотности и вязкости жидких стекол, используемых в электродном

производстве, зависят от вида и модуля жидкого стекла и изменяются у разных изготовителей электродов соответственно от 1300 до 1500 кг/м<sup>3</sup> и от 100 до 1500 сП ( $t = 20^\circ\text{C}$ ). Регулирование этих показателей при условии неизменности модуля возможно путем изменения концентрации жидкого стекла или введения различных модифицирующих добавок.

**Понижение плотности и вязкости.** Учитывая, что жидкие стекла представляют собой водные растворы щелочных силикатов, наиболее простыми и доступными способами понижения их плотности и вязкости является разбавление. Используют воду с минимальным содержанием солей жесткости, а также эффективное перемешивание жидкого стекла с водой. Если жидкое стекло имеет слишком высокую исходную вязкость, желательно подогреть и стекло, и воду до 60–80 °С.

Путем разбавления можно уменьшать вязкость жидкого стекла в достаточно широких пределах (рис. 3). При этом вязкость в зависимости от концентрации воды уменьшается по экспоненциальному закону, а эффективность действия воды возрастает с повышением модуля и уровня исходной вязкости жидкого стекла. (Подобный же эффект вызывает повышение температуры жидкого стекла).

Плотность жидкого стекла уменьшается под влиянием разбавления по закону, мало отличающемуся от линейного. Абсолютное снижение плотности также относительно невелико; например, введение воды в натриево-калиевые жидкие стекла с  $M = 3,34$  и  $M = 2,90$  уменьшает их плотность соответственно с 1334 до 1321 кг/м<sup>3</sup> и с 1453 до 1433 кг/м<sup>3</sup>.

**Повышение плотности и вязкости.** Концентрирование жидкого стекла является процессом, обратным разбавлению, и достигается испарением воды из раствора щелочного силиката. Чаще всего процесс осуществляют такими способами:

- естественной выдержкой стекла на воздухе при комнатной температуре;
- упариванием на воздухе с подогревом до 70–90 °С;
- упариванием на воздухе при 70–90 °С с непрерывным перемешиванием;
- упариванием при 70–90 °С с непрерывным перемешиванием и удалением выделяющихся паров воды отсасывающим вентилятором.

Наиболее эффективными являются последние два приема. Первые два

Рис. 1. Зависимость модуля, плотности и сухого остатка натриевого жидкого стекла от количества растворенного в нем кремнезема

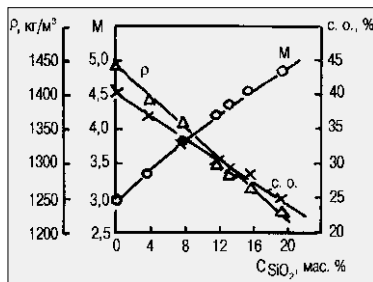


Рис. 2. Изменение плотности и вязкости низкомолекулярного калиево-натриевого (а) и натриево-калиевого (б) стекла при добавлении в него соответствующих высокомолекулярных стекол. Исходные значения модуля: К-Na стекло 2,35 и 3,15; Na-K стекло 2,74 и 3,43

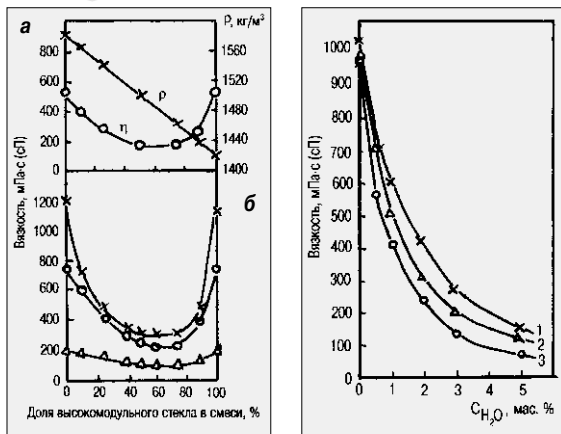


Рис. 3. Зависимость вязкости натриево-калиевых (1 и 3) и калиево-натриевых (2) стекол от дозы добавляемой воды для разбавления: 1 —  $M=3,34$ ; 2 —  $M=3,0$ ; 3 —  $M=2,9$

сопровождается образованием на поверхности стекла труднопроницаемой для паров воды силикатной пленки, замедляющей испарение воды из раствора.

**Регулирование плотности и вязкости смешиванием стекол разной концентрации.** Плотность и вязкость можно изменять в ту или иную сторону смешиванием двух равномодульных стекол разной концентрации. При этом плотность изменяется линейно по мере прибавления одного стекла к другому, и может быть рассчитана (рис. 4). Вязкость же смесей разных стекол, даже одного и того же модуля, не подчиняется правилу аддитивности, а отклоняется в меньшую сторону от ожидаемой. Например, вязкость смеси низковязкого ( $\eta \sim 100$  сП) и высоковязкого ( $\eta \sim 1000$  сП) стекло, взятых для смешивания в массовом соотношении 1:1, составляет около 300 сП, в то время как по правилу аддитивности она ожидается на уровне 550 сП. Это следует учитывать, используя описанный выше способ регулирования вязкости жидкого стекла.

Величина модуля смешиваемых стекол не влияет на изменения вязкости, но от нее зависит степень отклонения вязкости смеси стекол от аддитивности.

**Использование технологических добавок для регулирования плотности и вязкости жидкого стекла.** Жидкое стекло весьма чувствительно реагирует на присадки большинства известных веществ неорганического и органического происхождения. Под их влиянием изменяются многие физико-химические свойства самих стекол, прежде всего плотность и вязкость, а также свойства продуктов, получаемых на их основе. Эту особенность жидких стекол используют в технологии электродного производства.

Исследовали ряд веществ (**неорганических добавок**), по классификации Корнеева В. И. и Морозовой Е. В. по-разному взаимодействующих с жидким стеклом:

- **кислые**, которые нейтрализуют и снижают щелочность жидких стекол и увеличивают их модуль ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ );
- **осаждающие**, которые приводят к образованию гетерополимеров-силикатов поливалентных металлов ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ );
- **высаливающие**, вызывающие перераспределение гидратной воды и выделение щелочных силикатов ( $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{LiF}$ );

- **гидрофильные**, физически или химически связывающие воду и увеличивающие концентрацию жидких стекол и степень полимерности силикатных анионов ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ );

- **сшивающие**, вызывающие сшивание кремнекислородных олигомеров органическими реагентами (гликоль, глицерин).

Эффективность действия неорганических добавок иллюстрируют данные опытов, представленные в **таблице**.

Наиболее сильно изменяют вязкость жидкого стекла высаливающие добавки — главным образом, галогениды щелочных металлов, а также кислые соли. Близки к ним по действию добавки гидрофильных веществ, например бура (тетраборнокислый натрий); в то же время введение 2% кальцинированной соды, чаще других используемой в электродном производстве, повышает вязкость стекла лишь в 1,75 раза.

Осаждающие добавки также неоднзначно влияют на вязкость жидкого стекла. Гидроксид алюминия увеличивает вязкость стекла практически в 2 раза, в то время как гидроксид бария вообще не изменяет вязкость стекла.

Сшивающие добавки (глицерин, этиленгликоль) тоже не оказывают влияния на вязкостные свойства жидкого стекла.

Все исследованные добавки незначительно изменяют плотность жидкого стекла.

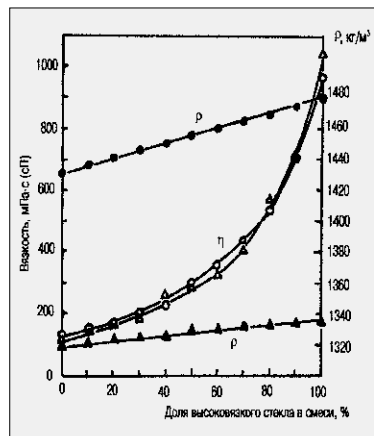
**Органические** гидроколлоиды-полисахариды (крахмал, целлюлоза и ее простые эфиры — КМЦ, а также продукты переработки морских водорослей — альгинаты и др.) широко используются в качестве пластификаторов обмазочных масс при производстве электродов. В жидком стекле указанные добавки не растворяются, а только набухают, образуя вязкие и скользкие пленки, которые облегчают течение обмазочной массы при опрессовке электродов и увеличивают прочность сырого покрытия.

Наиболее эффективной является натрий-карбоксиметилцеллюлоза ( $\text{Na-KMЦ}$  или КМЦ). На **рис. 5** приведены реограммы дисперсий КМЦ разной концентрации в натриево-калиевом жидком стекле с исходной вязкостью около 80 сП. Там же для сопоставления приведена реограмма 2%-го водного раствора той же КМЦ.

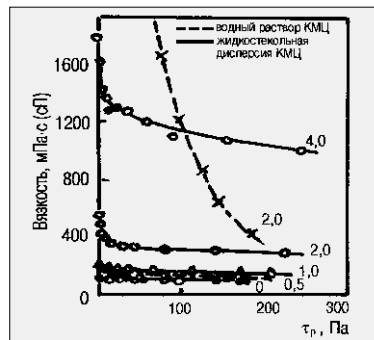
Видно, что с повышением концентрации КМЦ резко возрастает как общий уровень вязкости жидкостекольной дисперсии

**Таблица. Влияние технологических добавок на вязкость натриево-калиевого жидкого стекла с  $M=3,07$ ,  $\rho=1435$  кг/м<sup>3</sup> и  $\eta=200$  сП**

Добавка		$\eta$ , сП
Формула	C, %	
KCl	2,0	913,9
NaCl	2,0	521,5
LiCl	2,0	21698,1
LiF	2,0	519,1
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2,0	353,2
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	2,0	672,8
Al(OH) <sub>3</sub>	2,0	392,1
Ba(OH) <sub>2</sub>	2,0	194,7
NaHCO <sub>3</sub>	1,0	751,4
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1,0	661,6
Глицерин	2,0	241,1
Этиленгликоль	2,0	203,0



**Рис. 4. Плотность и вязкость смесей равномодульных жидких стекол в зависимости от массового соотношения выбранных для смешивания жидких стекол разной вязкости: о, ● —  $M=3,61$ , △, ▲ —  $M=2,89$**



**Рис. 5. Реограммы дисперсий КМЦ в натриево-калиевом жидком стекле с  $\eta=80$  сП и 2%-го водного раствора КМЦ при 20 °C («Реотест-2»). Цифры — концентрация КМЦ**

КМЦ, так и (что особенно важно) степень проявления ее неньютоновских свойств (уменьшения вязкости под влиянием напряжения или скорости сдвига). При этом концентрация КМЦ в жидкостекольной дисперсии, равная 2%, примерно соответствует 1% КМЦ в шихте при дозе жидкого стекла 25%. Изменяя концентрацию КМЦ и ее характеристики (тип, степень полимеризации, степень замещения и др.), можно в широких пределах регулировать характеристики вязкости жидких стекол. ■ #136

# Забезпечення якості виконання технічних робіт (послуг) для зварювального виробництва — проблема управління якістю зварних конструкцій

Ю. К. Бондаренко, канд. техн. наук, ІЕЗ ім. Є. О. Патона,

О. В. Ковальчук, технічний експерт НТЦ забезпечення якості, атестації та сертифікації «СЕПРОЗ» НАН України

**З** метою набуття конкурентоздатності та підвищення якості згідно Указу Президента України № 13/2001 від 23.02.2001 р. в боротьбі за споживача і подальшого підтримання високих якісних показників, зниження невиробничих витрат перед виробниками постає необхідність в застосуванні все більш ефективних і результативних методів та систем управління якістю, а також планування та впровадження на виробництві системи забезпечення якості продукції відповідно до стандартів серії ISO 9000–2000.

Надійність та безпека зварних конструкцій в значній мірі залежать від якості виконання монтажних та зварювальних робіт. При виконанні цих робіт зі зварювання, а також напilenня, різання, неруйнівного контролю та технічної діагностики (НК та ТД), виробник надає *технічну послугу — зварювально-монтажні роботи* (виступає *постачальником* технічної роботи (послуги), це відповідає Державному класифікатору продукції (ДКП, КнЗ — 74.30.15; 45.21.31; 45.21.31.300) 25.24.9.

Згідно з державними стандартами ДСТУ 3230–95 «Управління якістю та забезпечення якості. Терміни та визначення», ДСТУ ISO 9004–2 «Управління якістю та елементи системи якості. Настанови щодо послуг», термін *постачальник* означає організацію, що надає продукцію (послугу) споживачеві, а поняття *послуга* визначається як наслідок безпосередньої взаємодії між Постачальником і Споживачем, а також внутрішньої діяльності Постачальника для задоволення потреб Споживача.

Тому перед постачальниками технічної послуги постає завдання планування та впровадження в виробництві заходів забезпечення якості робіт по зварюванню та контролю. При цьому виникає потреба не тільки «зовнішньої» якості робіт (наслідку послуги) але і «внутрішньої

якості» діяльності постачальника — процесу виконання робіт (надання послуги).

Світовий досвід показав, що вимоги та заходи по управлінню якістю не залежать від типу виробів і видів технічних робіт (послуг), а є одними й тими ж для більшості організацій, що виконують зварювальні роботи, НК та ТД відповідальних конструкцій.

Лондонська бізнес-школа, зробивши всебічний аналіз робіт (послуг) в США, відокремила в них такі вимоги як доступність, відкритість (інформативність), орієнтація на споживача, репрезентативність, адекватна реакція персоналу в умовах відхилень в наданні послуг, конкурентоспроможність, пріоритет якості, постійне задоволення очікувань споживача, регулювання якості. Відзначається також висока спрямованість робіт (послуг) на конкретного споживача, тісний контакт та активну взаємодію зі споживачем. Це зобов'язує виконавців приділяти велику увагу процесам особистої діяльності (технології виконання послуги), особливо:

- створенню штату компетентних співробітників для встановлення контактів зі споживачами в будь-яку хвилину робочого часу;
- скороченню часу виконання робіт (послуг);
- підвищенню компетентності процесу надання послуги;
- проведення маркетингу для встановлення вимог клієнта.

При цьому гарантійний рівень якості технічних робіт (послуг) забезпечується матеріальним стимулюванням персоналу, оцінкою його задоволеності та навчанням в галузі якості, постійністю клієнтів, скороченням термінів проектування послуг, організацією проектування, плануванням процесу надання послуг, створенням системи якості зва-

рювального виробництва, гарантіями при наданні технічних робіт (послуг).

Певну допомогу в роботі по організації робіт (послуг) надає Держстандарт ДСТУ 3279–95 «Стандартизація послуг», що встановлює вимоги (обов'язкові і рекомендовані) до забезпечення можливості оцінки їх відповідності певному рівню якості та *підтвердженню відповідності* вимогам нормативних документів. Наслідком підтвердження відповідності є гарантування того, що продукція (послуги), системи якості, системи управління якістю та доквіллям, персонал відповідають встановленим законодавством вимогам.

Обов'язкові вимоги до виконання робіт (послуг) (*рис. 1*) забезпечують основні права та інтереси споживачів. Це перш за все: різноманітність технічних послуг, методів і форм їх надання, безпека для життя, здоров'я та майна споживача, безпека для навколишнього та природного середовища згідно стандартів серії 14000; права та інтереси споживачів, встановлені чинним законодавством щодо захисту прав споживачів.

Обов'язковість виконання рекомендованих вимог встановлюють додатково в залежності від умов надання технічних послуг і їх специфіки.

Вимоги до якості технічних послуг в галузі зварювально-монтажних робіт, НК та ТД як до кінцевого результату діяльності з обслуговування визначаються номенклатурою показників якості згідно ДСТУ ISO 9004–2.

Вимоги до обслуговування, як до технологічного процесу надання робіт (послуг), містять вимоги до обладнання, інструменту, компетентності штату співробітників, матеріалів, що використовуються, тривалості технологічного циклу, процедур зварювання, НК і ТД та рівня обслуговування замовника (споживача).

## Забезпечення якості виконання технічних робіт (послуг) для зварювального виробництва — проблема управління якістю зварних конструкцій

Міжнародна стандартна промислова класифікація (ISIC) та класифікація Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) вирізняють роботи (послуги), в яких головує персонал та роботи (послуги), якість яких обумовлена індивідуальним виконанням. До таких послуг можуть бути віднесені технічні послуги з експертизи проектів зварних конструкцій, розробки нормативних документів, консультаційні, навчання та перепідготовки кадрів в зварювальному виробництві, та виконання ручного дугового зварювання, НК і ТД.

Нормативні документи, що регламентують технічні роботи (послуги) та визначають вимоги щодо виконання технічних робіт (послуг) в галузі монтажно-зварювальних робіт, визначають в кожному конкретному випадку. Це можуть бути:

- Основоположні організаційно-методичні (наприклад, ДСТУ ISO 9004-2 «Управління якістю та елементи системи якості. Наставниці щодо послуг»; ISO 3834/EN 729. Частина 1. «Вимоги до якості зварювання. Керівництво щодо вибору та застосування»; ДСТУ 2456-94 «Сварка дугова и електрошлаковая. Требования безопасности»; ГОСТ 3242-79 «Соединения сварные. Методы контроля качества» та інші).

- Основоположні загальнотехнічні. Ця група стандартів встановлює:
  - терміни та визначення загально-технічних понять, наприклад, ДСТУ 3761-98 Частина 1-5 «Зварювання та споріднені процеси. Терміни та визначення»;
  - вимоги та норми, що необхідні для технічного, в тому числі метрологічного забезпечення засобів та обладнання для надання послуг;
  - вимоги до різних видів сполучень деталей і складових (ГОСТ 5264-80, ГОСТ 8713-79, ГОСТ 14771-76);
  - допустимі межі зовнішніх впливів, вимоги безпеки (ДСТУ 2448-94, ДСТУ 2489-94, галузеві стандарти типу ДНАОП).
- Стандарти загальних технічних умов та стандартів технічних умов. В стандартах цих груп містяться вимоги до груп та підгруп однорідної та конкретної продукції, вимоги безпеки, вимоги охорони навколишнього середовища (ДСТУ ISO 14000), методи випробувань. Ці стандарти можуть визначати показники якості технічної послуги, наприклад вимоги до зварного з'єднання, або вимоги до ресурсів надання послуги — до обладнання, матеріалів, засобів вимірювальної техніки та інше.
- Стандарти на методи контролю (наприклад, ГОСТ 7512-78 «Соединения сварные. Радиографический метод»; ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Швы сварные. Методы ультразвукового контроля» та інші).
- Стандарти на процеси (ДСТУ 3490-96 «Электрошлаковое зварювання сталей. Вимоги до технологічного процесу». ДСТУ 3328-96 «Дуговое зварювання конструкційних чавунів.

Вимоги до технологічного процесу» ДСТУ 3951-2000).

Важливим фактором з точки зору підвищення конкурентоздатності є відповідність та підтвердження її згідно встановленим НД вимогам. Сертифікацію технічних робіт (послуг) в державній Системі УкрСЕПРО проводить третя сторона (Орган з сертифікації та випробувальні лабораторії). При цьому при випробуваннях забезпечується необхідна гарантія тому, що належним чином ідентифікована технічна послуга відповідає конкретному стандарту або іншим нормативним документам в галузі зварювання, НК та ТД.

Процедура сертифікації технічних робіт (послуг) підприємства-виробника зварювально-монтажних робіт виконується згідно з вимогами ДСТУ 3413-96 та наявності необхідних умов:

- наявність повірених засобів вимірювань та випробувального обладнання;
- виконання вимог «Закону України про метрологію та метрологічну діяльність» від 11 лютого 1998 р. № 113/98-ВР;
- достатність кваліфікації, знань та досвіду атестованого персоналу, який виконує зварювально-монтажні роботи;
- використання матеріалів, якість і безпека яких підтверджені сертифікатами якості та відповідності;
- виконання вимог закону «Про охорону праці», ДСТУ 2456 і/або ДСТУ 2489, ДСТУ 2448, ДСТУ 3273-99, державних нормативних актів охорони праці. Організації для сертифікації технічних робіт (послуг) доцільно мати:
  1. Визначений юридичний статус та організаційну структуру підприємства, що виконує роботи (послуги).
  2. Розроблену документацію системи якості зварювального виробництва.

Рис. 1. Обов'язкові вимоги, що пред'являються до технічних послуг згідно нормативних документів



3. Аtestований на виконання конкретних технічних послуг персонал з зварювання, НК та ТД.

4. Метрологічно повірені засоби вимірювальної техніки.

5. Наявність фонду нормативних документів, згідно яких проводиться виконання зварювально-монтажних робіт (послуг).

Вимоги до технічних робіт (послуг) чітко встановлені у вигляді характеристик, що піддаються спостереженню і допускають оцінювання їх споживачем та аудитором при виконанні процедур підтвердження відповідності згідно ДСТУ 3413-96.

Тому необхідно попереднє забезпечення якості, наявність безперервного контролю та регулювання згідно з відповідною технологічною документацією параметрів процесу зварювання, щоб забезпечити виконання встановлених до нього вимог згідно з ДСТУ 3951-2000, частини 1; 2 «Технічні умови та процедури підтвердження відповідностей технологічних процесів зварювання металевих матеріалів».

При виконанні робіт зі зварювання згідно з наказами Держнаглядохоронпраці встановлена обов'язкова атестація персоналу (зварники, дефектоскопісти) та атестація (сертифікація) технологічних процесів (ДСТУ 3951-2000), що застосовують, коли зварюванню підлягає продукція, яка відноситься до категорії підвищеної небезпеки.

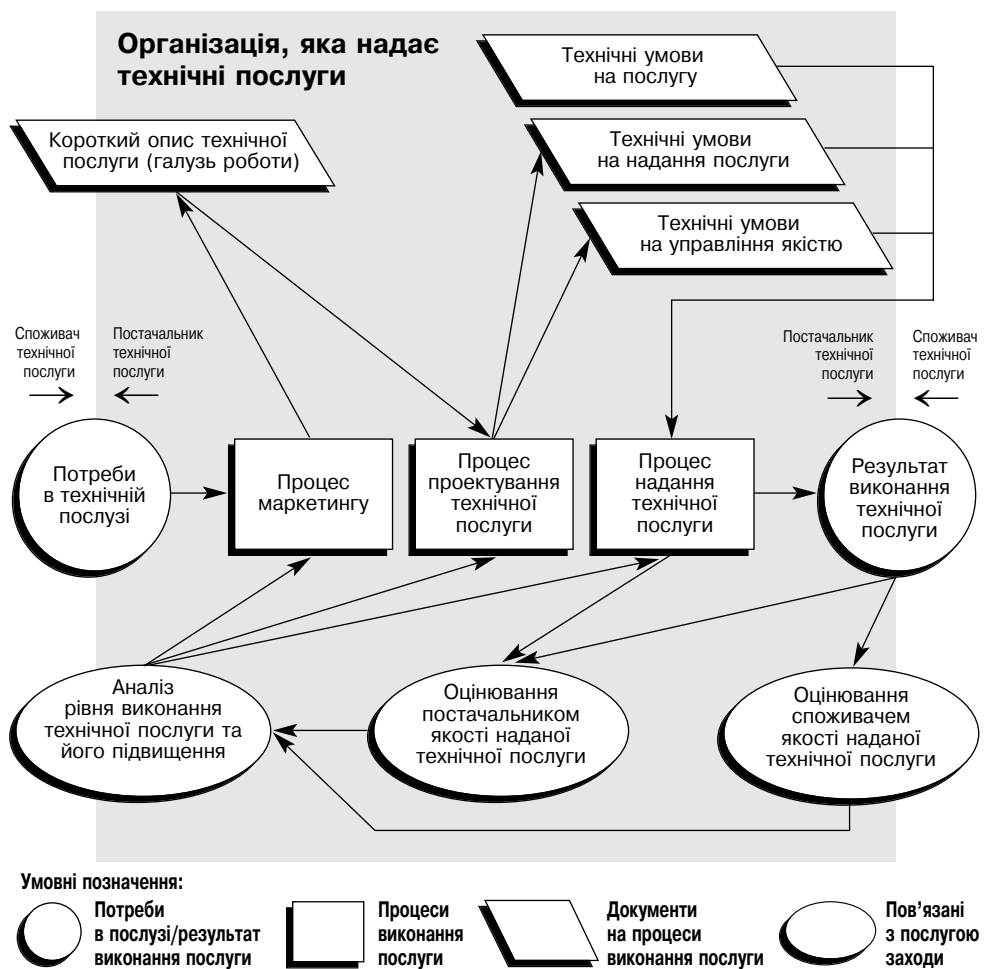
Для досягнення впевненості споживача технічних робіт (послуг) та самого виробника (постачальника) в здатності стабільно виконувати встановлені вимоги нормативних документів важливим є наступне проектування та впровадження систем управління якістю на підприємстві згідно ДСТУ ISO 9000-2000.

У межах системи якості підприємству для виконання технічних робіт (послуг) рекомендується розробити додаткові методики, що встановлюють вимоги до здійснення всіх процедур, пов'язаних з виконанням технічних робіт (послуг), які включають три основні напрямки:

- маркетинг;
- проектування технічної послуги;
- надання технічних робіт (послуг).

Впровадження системи якості при наданні технічних послуг на об'єктах будівництва має охоплювати всі етапи «петлі якості», згідно з ДСТУ ISO 9004-2 (рис. 2).

«Петля якості» — концептуальна модель взаємозалежних видів діяльності (організації) по виконанню технічних робіт (послуг), що впливають на



якість на різних стадіях від визначення потреб до оцінювання ступеня їх задоволення споживачем зварних конструкцій.

**Система якості** — сукупність організаційної структури, методик, процесів і ресурсів, необхідних для здійснення управління якістю зварювального виробництва. Якість технічних робіт (послуг), як вона сприймається Споживачем, безпосередньо визначається цими процесами і залежить від коригувальних дій, пов'язаних з заходами, що виконують за результатами зворотнього зв'язку:

- оцінюванням наданої послуги з зварювання постачальником;
- оцінюванням отриманої послуги з зварювання споживачем (замовником);
- перевітками якості реалізації всіх елементів системи якості та їх ефективності на відповідальному об'єкті споживача. Їх функціонування у «петлі якості» показано на рис. 2.

Організація, яка надає технічні роботи (послуги), повинна підтримувати в робочому стані систему якості як засіб прове-

дення прийнятій в сфері послуг політики якості і виконання поставлених завдань. Робочі елементи системи якості виконання технічних робіт (послуг) передбачають задоволення потреб споживача монтажно-зварювальних робіт згідно умов контракту та вимог нормативних документів.

Після оцінки третьою стороною (акредитованим Держстандартом Органом з сертифікації) згідно з ДСТУ 3413-96, ДСТУ 3957-2000 постачальнику видається державний сертифікат відповідності на виконання технічних робіт (послуг) на зварювально-монтажні роботи з терміном дії до двох років, а при наявності системи якості — до п'яти років. Це узгоджується з Законом України «Про підтвердження відповідності» від 17.05.2001 р. № 2406-III, що визначає правові та організаційні засади підтвердження відповідності продукції (послуги, процеси), персоналу та спрямований на забезпечення єдиної державної технічної політики у сфері підтвердження відповідності.

**Рис. 2.** «Петля якості»

■ #137

# Опыт концерна по разработке и внедрению системы качества в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001

Д. В. Дворак, ОАО «Крюковский вагоностроительный завод»

**Н**а этапе подготовки к внедрению системы качества в соответствии с требованиями стандартов ISO 9000 на Крюковском вагоностроительном заводе был создан координационный совет, который составил план работы и график разработки документов системы качества в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001.

Сравнительный анализ элементов системы качества в соответствии с требованиями ISO 9001 и элементов действующей на предприятии комплексной системы управления качеством продукции показал, что в последней отсутствуют такие элементы, как анализ контракта, оценка и выбор поставщиков, правила проведения корректирующих и предупреждающих действий, внутренние проверки и систематизация данных о качестве, а также почти все стандарты комплексной системы требуют значительной корректировки.

На основании такого анализа был разработан план организационно-технических мероприятий, предусматривавший:

- корректировку старых и разработку новых руководящих документов качества (РДК) и стандартов предприятия;
- организацию выполнения требований руководящих документов качества и стандартов предприятия;
- доведения рабочих мест до необходимого технического уровня;
- корректировку, подготовку новых методических, технологических и рабочих инструкций;
- переработку старых и разработку новых положений об подразделениях, управлениях и службах предприятия;
- обучение всего персонала основным требованиям стандартов ISO 9000 по утвержденным программам.

Путь к внедрению системы качества в соответствии с требованиями стандарта

ISO 9001 был непростым. В начале 1996 г. генеральным директором был утвержден план формирования Политики в области качества и разработки «Руководства по качеству». Были назначены ответственные исполнители и сроки выполнения каждого мероприятия. Для обеспечения функционирования двадцати элементов системы качества в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001 был разработан комплекс необходимых документов — руководящие документы качества (РДК).

Построенная по этой модели система качества содержала:

- политику в области качества;
- руководство по качеству;
- руководящие документы качества (РДК), соответствующие требованиям 20 элементам стандарта ISO 9001;
- стандарты предприятия и другие нормативные документы.

Приказом по предприятию созданная система качества была внедрена в производство. Этим же приказом предусматривалось проведение сертификации сформированной системы качества.

Предприятием были рассмотрены предложения различных Органов по сертификации систем качества, и выбор был остановлен на фирме «TÜV» (Германия).

В 1996 г. на заводе работала группа менеджеров фирмы «TÜV», которые оценили состояние дел и порекомендовали внести дополнения и корректировки в документы системы качества (РДК и СТП), а также провели обучение высшего руководящего состава и членов координационного совета основам менеджмента качества, учитывая собственный опыт внедрения систем качества на фирмах Западной Европы.

В октябре 1996 г. была проведена проверка знания всеми руководящими работниками завода требований стан-

дарта ISO 9001. Кроме этого аудиторы провели предаудит системы качества.

В ноябре 1996 г. группа из четырех менеджеров «TÜV» провела сертификационный аудит по методике «TÜV Cert». Процедура проведения сертификационного аудита для работников предприятия была новой и многим научила. Однако, несмотря на то, что были проведены предварительный и внутренний аудиты, при сертификационном аудите были выявлены некоторые несоответствия, которые пришлось устранять. После проведенной работы вновь были приглашены менеджеры фирмы «TÜV Cert», чтобы убедиться в устранении недостатков и в том, что система качества функционирует. И только после этого Орган по сертификации «TÜV Cert» выдал АО «Крюковский вагоностроительный завод» сертификат на систему качества сроком действия на три года.

Что дал концерну «КВЗ» сертификат на систему качества?

- повысил ответственность исполнителей на всех уровнях производства и управления предприятием;
- поднял авторитет предприятия на международном рынке;
- способствовал увеличению реализации продукции;
- дал возможность рекламировать свою продукцию;
- предоставил возможность организовать систематическое и всестороннее изучение рынков сбыта продукции;
- обеспечил способность предприятия с достаточной оперативностью осваивать стабильное производство продукции, потребительские свойства которой соответствуют требованиям не только действующих отечественных, зарубежных или международных стандартов, но и конкретных заказчиков;



■ позволил сформировать и поддерживать имидж предприятия как надежного поставщика продукции.

Роль и значение созданной в концерне «КВЗ» системы качества и сертификата, удостоверяющего ее соответствие требованиям стандарта ISO 9001, стали для нас очевидны. Дело в том, что выход отечественного предприятия на тот или иной зарубежный конкурентный рынок может быть различным. Причем различие это обуславливается не сколько особенностями каждого из рынков, сколько уровнем конкурентоспособности поставляемой на него продукции. Основными же компонентами конкурентоспособности являются не только качество и цена продукции, но и имидж ее производителя. В нашем концерне требования стандарта ISO 9001 использовали для повышения конкурентоспособности продукции, а также и имиджа предприятия.

Но даже правильно выбранная стратегия не гарантировала отсутствие трудностей. Чаще всего мы сталкивались с проблемой реализации принятых решений. Самым трудным была разработка механизмов воплощения их в жизнь и изменения отношений людей к вводимым новшествам. Надо было пройти путь от почти открытого сопротивления и полного равнодушия до осознания необходимости создания системы и активного участия каждого работника в ее функционировании, т. е., по сути, до формирования новой производственной культуры на предприятии, новых производственных отношений.

С этой современной точки зрения рассматривали и необходимость сертификации. Сертификация системы качества концерна была жизненно необходима. Ведь сертификат на систему качества — это пропуск на зарубежный рынок. Любой иностранный заказчик, знакомясь с концерном, прежде всего спрашивает: есть ли у нас система качества, сертифицирована ли она и по какому международному стандарту?

Получив сертификат на систему качества в системе «TUV Sert», руководство концерна приняло решение о получении второго сертификата на систему в национальной системе УкрСЕПРО. В связи с этим были проанализированы органы по сертификации системы качества, имеющие разрешение Госстандарта Украины на проведение работ по

сертификации. Выбор остановили на Органе по сертификации систем качества «СТАНКОСЕРТ» (Одесса).

С целью получения сертификата в системе УкрСЕПРО в концерне был проведен определенный комплекс работ. Процедура сертификации и порядок ее проведения, аналогичный порядку, по которому проводилась сертификация в системе «TUV Sert». По результатам сертификационного аудита концерн получил второй сертификат в системе УкрСЕПРО на систему качества.

Систему качества концерна ежегодно подвергают инспекционному контролю специалисты «TUV Sert» и «СТАНКОСЕРТ».

В 1999 г. в связи с созданием управления качеством продукции и введением должности директора по качеству работа по поддержанию системы качества концерна в надлежащем состоянии активизировалась. Были составлены план доработки системы качества и график переработки документов. Ответственным за функционирование системы качества концерна назначен директор по качеству, а в подразделениях — первые руководители. Разработанная Программа совершенствования системы управления качеством концерна, соответствующая уже третьей редакции Политики в области качества концерна, содержит:

- основные направления совершенствования системы качества;
- приказ президента концерна «О повышении качества выпускаемой продукции и совершенствования системы управления качеством»;
- программу «Качество 1999–2003 год»;
- программу обучения работников концерна требованиям системы качества, которая ориентирована на их функциональную деятельность в производственном процессе.

В ней предусмотрено:

- совершенствование структуры управления системой качества концерна;
- закрепление ответственности руководителей концерна за качество продукции в соответствии с требованиями элементов системы качества;
- проведение внутренних аудитов качества на предприятиях и подразделениях концерна;
- проведение инспекционного контроля по качеству;
- соблюдение требований идентификации и прослеживаемости продукции;

■ внедрение системы, обеспечивающей позаказное приобретение, учет, размещение, хранение и выдачу в производство материалов и комплектующих;

■ совершенствование документов системы качества;

■ проведение сертификации выпускаемой продукции и надзорных аудитов. Вопросы совершенствования системы качества и выпускаемой продукции постоянно находятся на контроле директора по качеству.

Президент концерна ежемесячно проводит совещания по функционированию системы качества, на которых рассматривают вопросы по соблюдению и выполнению требований элементов системы качества. Например: соблюдение требований идентификации и прослеживаемости выпускаемой продукции; итоги обучения требованиям системы качества и повышение квалификации работников концерна в 2000 г; анализ потерь от несоответствующей продукции на всех стадиях производственного процесса; управление складским хозяйством; управление технологическими процессами; результаты проведения внутренних аудитов на предприятиях и подразделениях концерна; качество выполнения контрактов с зарубежными и отечественными потребителями.

По результатам совещания оформляют протокол, в котором указывают на допущенные несоответствия, устанавливают сроки их устранения и ответственных. Выполнение решений совещаний находится на контроле в управлении качеством. Кроме этого, введены в практику отчеты руководителей предприятий и подразделений концерна о выполнении мероприятий по совершенствованию системы качества. Такой подход президента концерна и директора по качеству означает, что роль первого руководителя, понимающего цель и значимость этой работы, не формальны, и что первый и самый главный принцип работы нашей системы реализуется в полном объеме. Кроме принципа первого руководителя, не менее успешно реализованы и другие принципы функционирования системы качества:

- четкое распределение обязанностей и ответственности между руководителями и специалистами;

(Окончание на стр. 45) ►

# Современный подход к производству — удовлетворение требований потребителей на базе действующей системы качества

**Б. В. Семендяев, канд. техн. наук, директор АО «Электродный завод» (С.-Петербург)**

**Н**аше предприятие занимается производством сварочных материалов — покрытых металлическими электродами для ручной электродуговой сварки и наплавки — уже более 50 лет. Завод был создан для обеспечения энергетической отрасли народного хозяйства, поэтому вопросы качества поставляемой продукции сразу же стали одним из важнейших направлений в его деятельности, так как в энергетике достаточно большое число видов сварных соединений относится к ответственным и особо ответственным, а без обеспечения необходимого качества применяемых сварочных электродов выполнить нормативные требования к таким соединениям невозможно.

Решающим моментом в определении нового подхода к качеству готовой продукции явился конец 1991 г. и первая половина 1992 г. Стало ясно, что рано или поздно в стране начнутся развиваться рыночные отношения, когда потребитель будет сам выбирать, у кого из производителей он купит нужную продукцию.

В этой ситуации на предприятии было принято решение во главу угла поставить удовлетворение требований наших потребителей, причем подойти к этому процессу на системной основе. С конца 1992 г. и по 1996 г. на заводе разрабатывали и внедряли в производственную деятельность документы и процедуры Системы качества, соответствующей требованиям международных стандартов ИСО 9000. В 1997 г. Система была полностью внедрена и сертифицирована, и независимый сертификационный орган «Тест — С.-Петербург» подтвердил как наличие Системы, так и ее практическое функционирование, а также внес эту информацию в Государственный реестр.

Что дает система для потребителей наших электродов?

Во-первых, завод собирает требования потребителей применительно к своей деятельности, формализует и ран-

жирует их, т. е. получает статистически объективную информацию о том, что от него требуется.

Во-вторых, эти требования закладывают в рабочие планы предприятия, а их выполнение периодически контролируют путем выборочного опроса потребителей.

В-третьих, Система позволяет управлять всеми этапами производства от закупки сырья и материалов до отгрузки готовой продукции и контролировать их. Благодаря документированию данных о качестве для любой отгруженной партии электродов всегда можно установить:

- какое сырье от какого поставщика было использовано;
- были ли отклонения от требований в технологической цепочке;
- были ли отклонения при проведении приемо-сдаточных испытаний (по каждому параметру); какие, в каких конкретных замесах и по чьей вине;
- когда, кто и как произвел отгрузку, а также соответствовал ли транспортным требованиям к транспортированию электродов, и если не соответствовал, то кто это действие разрешил.

В-четвертых, у потребителя есть право и возможность проверить как качество покупаемых электродов, так и функционирование Системы качества — частично или в полном объеме, своими силами или поручить это доверенной организации (провести аудит второй стороны).

Как же практически функционирует Система качества?

Прежде всего необходимо отметить, что у предприятий, которые длительный срок изготавливают сварочные электроды, основное влияние на качество конечной продукции оказывают сырье и материалы, поскольку необходимое оборудование, отработанные технологии и квалифицированный персонал на этих предприятиях уже есть. Очень серьезные про-

блемы с качеством применяемых сырья и материалов начались с конца 1998 г. Резко упало качество поставляемой сварочной проволоки, особенно высоколегированной. Так, если в 1998 г. доля сварочной проволоки марок Св-08 и Св-08А с отклонениями от требований стандарта в общем объеме поставки заводу составляла 0,3%, то в 1999 г. — более 16%, а в 2000 г. — более 35,5%, и это несмотря на то, что только за 2000 г. завод сменил четырех поставщиков. По высоколегированной проволоке цифры еще более впечатляющие: 1998 г. — 29,3%, 1999 г. — около 60%, 2000 г. — более 64%. Похожая картина прослеживается по поставляемому на завод ферроматериалам и целому ряду других компонентов. Несмотря на вынужденное использование ряда исходных материалов, имеющих несоответствия установленным требованиям, доля электродов, полностью соответствующих требованиям нормативно-технической документации, оставалась все время достаточно высокой и в общем объеме выпуска электродов составляла 94,3% в 1998 г., 94,1% в 1999 г. и 97,9% в 2000 г. Это достигалось за счет:

- увеличения объемов входного контроля сырья;
- селективного подбора проволоки и компонентов;
- изготовления опытных партий в лаборатории;
- увеличения объема приемо-сдаточных испытаний.

Плановый опрос потребителей нашей продукции, проведенный в 1998 г., выявил, что из всех параметров, по которым потребитель оценивает качество полученных от нас сварочных электродов, наибольшие проблемы были связаны с разнотолщинностью покрытия (хотя ее измеряемые параметры и находились в пределах ГОСТа) и упаковкой.

Действия по процедурам, предусмотренным Системой, позволили за счет внедрения организационно-технических мероприятий в значительной степени снять проблему с разнотолщинностью — по опросу 2000 г. потребители поставили ее на последнее (!) место в списке имеющихся проблем.

Для устранения неудовлетворенности потребителей упаковкой были разработаны и внедрены новые технологии, закуплено оборудование и подготовлен персонал, что позволило производить упаковку электродов в картонные коробки и термоусадочную пленку. По опросу потребителей в 2000 г., процент недовольных упаковкой снизился более чем в два раза.

Другое направление деятельности, охватываемое Системой, — номенклатура выпускаемых изделий. Если в 1990 г. завод производил 8 марок электродов, то в настоящий момент, согласно пожеланиям потребителей, уже 40 марок, и работа по расширению номенклатуры продолжается.

По требованию потребителей завод сертифицировал в национальной системе сертификации ГОСТ Р 31 марку электродов, в Системе сертификации УкрСЕПРО — 25 марок, имеет одобре-

ние Российского Морского Регистра Судоходства на 7 марок, одобрение Германского Ллойда («Germanischer Lloyd») на одну марку и сейчас продлевает ранее полученную лицензию Госатомнадзора России на право производства и поставки электродов АЭС.

Система качества по ГОСТ Р ИСО 9001–96 не является чем-то неизменным и постоянно совершенствуется, исходя из главного принципа версии 1994 г. — «ориентация на потребителя». Процесс совершенствования связан с устранением различного рода несоответствий, во-первых, заложенных в саму идеологию стандартов ИСО версии 1994 г., и, во-вторых, выявленных в процессе функционирования Системы. Например, по первой причине был полностью пересмотрен раздел системы «Анализ контрактов», который не только регламентировал, но даже затруднял взаимоотношения с потребителями. В развитие требований стандартов ИСО завод выпустил руководящий документ «Порядок работы с потребителем», хотя такой документ не является обязательным. По второй причине был пересмотрен, например, раздел «Разработка новых марок электродов» (и, соответственно, составляющие его стандарты предприятия и руководящие документы),

который в первоначальном виде требовал значительно больших сроков для постановки на производство новых марок электродов. Также были изменены разделы «Закупки», «Идентификация и прослеживаемость» и др. Таких примеров можно привести много, за четыре года использования Системы была пересмотрена большая часть Руководств по качеству и почти три четверти документов Системы качества. Некоторые разделы Руководства по качеству действуют уже в десятой редакции.

Сейчас во всем мире предприятия приступили к переходу на Систему качества, соответствующую требованиям международных стандартов ИСО 9000 в версии 2000 г., которая принципиально отличается от модели образца 1994 г. Главный принцип новой версии стандартов: «поставщики и потребители — партнеры, связанные едиными целями и задачами, осуществляющие совместную деятельность в общих интересах». Наш завод уже с прошлого года ведет необходимые работы по подготовке к такому переходу. Мы надеемся, что с помощью наших потребителей мы успешно справимся с этой задачей и перейдем на новую Систему в запланированный срок — июль 2003 г. ■ # 139

## Опыт концерна по разработке и внедрению системы качества в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001

► (Окончание. Начало на стр. 43)

- постоянный анализ функционирования системы качества;
  - организация целенаправленного обучения руководящего и инженерно-технического персонала и рабочих концерна.
- Безусловно, огромную помощь в совершенствовании сертифицированной системы качества дают проведение внутренних аудитов системы качества и инспекционного контроля. Если на первом этапе мы планировали проведение внутренних аудитов по принципу «чем больше, тем лучше», но при этом они не могли быть углубленными, то в 2000 г. провели аудит досконально, затрачивая не менее недели на каждое подразделение.

А вот с инспекционным контролем все наоборот: чем больше инспекционных проверок будет проведено, тем больше будет их эффективность.

Принимая решение о сертификации системы качества, руководители концерна, кроме перечисленных выше целей, ставили еще одну — получение сертификата соответствия с целью упрощения и удешевления процедуры сертификации выпускаемой продукции.

За прошедшие четыре года сертифицирована следующая продукция:

- вагоностроительная (8 наименований) — Регистром сертификации на федеральном железнодорожном транспорте Российской Федерации;
- колесная пара и ее элементы по стандартам AAR — Американской Ассоциацией железных дорог «AAR» (США);
- контейнерное производство на применение знака CE — Органом по сертификации «TÜV Рейнланд» (Германия);

- дорожно-строительная техника: автогрейдер «ДЗК-250» — Центром испытаний и сертификации продукции строительного машиностроения «СЕПРОБУДМАШ» (Киев);
- автомобильный прицеп к легковым автомобилям — Органом сертификации дорожно-транспортных средств «ГОСАВТОТРАНШНИПРОЕКТ» (Киев);
- покрытые металлические электроды для ручной дуговой сварки (9 наименований) и технологические процессы сварки — Международным научно-техническим центром обеспечения качества и сертификации «СЕПРОЗ» Института электросварки им. Е. О. Патона.

Создание системы качества, ее сертификация и экологичность выпускаемой продукции являются главными факторами выживания концерна. Мы знаем также, что сертификация системы качества является обязательным атрибутом совершенства, лидерства и прогресса. ■ # 138

# Анри Луи Ле Шателье, Шарль Пикар и Эдмонд Фуше

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

**Нагрев газовым пламенем, т. е. использование энергии экзотермических реакций окисления, известен с древнейших времен. Однако газовая сварка появилась несколько позже дуговой и контактной. Для этого способа сварки требовался концентрированный высокотемпературный источник нагрева. Его созданию предшествовали разработки и открытия многих известных и неизвестных ученых и изобретателей, направленные на поиск горючих газов и разработку устройств их получения и сжигания, в основном с целью освещения.**



Анри Луи Ле Шателье

Мощные «газоосветительные» компании финансировали поиск эффективных и экономичных горючих газов, разработку средств доставки, конструкцию газосветных ламп-горелок. Появление альтернативных осветителей — электрических «свечей» — с 1870 г. интенсифицировало этот поиск. В конечном итоге электроосвещение победило, а в результате горючие газы нашли применение в ряде технологий, в том числе и при газовой сварке.



Шарль Пикар

Самым эффективным оказался ацетилен. В 1836 г. английский ученый Э. Дэви получил из карбида кальция газ, теплота сгорания которого более чем в пять раз превышала теплоту сгорания водорода. В 1860 г. французский химик П. Э. М. Вертело определил его формулу и дал название — «ацетилен». В начале 1890-х гг. американцы Дж. Т. Морехед, Т. Вильсон и француз А. Муассан выплавили карбид кальция в электрической печи. Себестоимость карбида снизилась в тысячу раз! Была открыта дорога его широкому промышленному применению.



Эдмонд Фуше

Тропу, ведущую непосредственно к новому способу газовой сварки, проложил Анри Луи Ле Шателье (родился в Париже 8.10.1850, умер 17.09.1936, Мирибель-лез-Эшель) — физик и химик, металлург, член Парижской Академии наук (1907), Почетный член Академии наук СССР (1927), профессор Парижской высшей горной школы (1877–1919), Коллежа де Франс (1898–1907) и Парижского университета (1907–1925).

Кроме преподавания, Ле Шателье занимался исследовательской деятельностью. Изучая процессы горения газов, он обнаружил, что температура сгорания смеси равных объемов кислорода и ацетилена достигает 4000 °С, что пламя мо-

жет быть концентрированным и не окисляет расплавленное железо. В 1895 г. в сообщении Академии наук он предложил использовать такое пламя для сварки. Анри Ле Шателье пользовался горелкой с наружным смешением, однако она оказалась неудачной. Из-за неполного сгорания образовывался твердый плотный нагар углерода, и горелка засорялась.

Смешать ацетилен и кислород внутри горелки предложил Андре Ле Шатье, родной брат Анри. Газ в соответствующую горелку должен был подаваться под избыточным давлением, т. е. из баллонов. Следует отметить, что попытки транспортировать сжиженный ацетилен в баллонах (для освещения и других целей) заканчивались зачастую взрывом. Идея растворять ацетилен в ацетоне частично решила проблему: количество взрывов снизилось. Выход нашел Анри Ле Шателье. Он засыпал в баллоны активированный пористый уголь и туда же заливал раствор. Транспортировка ацетилена стала безопасной.

Впрочем, для создания газовой сварки, пригодной для промышленного применения, требовалась еще и надежная горелка. Сам Анри Ле Шателье этой проблемой больше не занимался; он прославился фундаментальными научными работами, результаты которых пригодились и при создании научных основ сварки: совместно с Ф. Малларом предложил способ определения теплоемкостей газов при высоких температурах (1881), сформулировал общий закон смещения химического равновесия (1884), разработал термоэлектрический пирометр, подтвердил экспериментально аналогию между растворами и сплавами (на которую указывал в 1868 г. Д. К. Чернов), сконструировал металлографический микроскоп.

Горелку с расположенной внутри системой смешения ацетилена и кислорода разработал французский изобретатель Шарль Пикар (родился 25.08.1872 г., умер в 1957). С 1897 г. после окончания Высшей школы промышленной физики и химии он начал работать во «Френс Ацетилен Дис-солвед компани», пройдя путь от инженера до технического директора. За 50 лет работы над газовой сваркой и резкой Ш. Пикар создал несколько типов горелок, в том числе и для резки под водой, принял участие в раз-

работке другого ацетилен-кислородного оборудования и технологии сварки.

Однако наиболее перспективным было использование ацетилена, получаемого на месте из карбида кальция, в ацетиленовых генераторах. Ацетилен горел на кухнях, в осветительных фонарях, в автомобильных фарах, но для сварки горелки Ш. Динара не годились из-за опасности взрыва, так как газ из генератора выходил под нормальным давлением. Свое название «автогенная сварка», т. е. сварка от источника энергии, «рождаемого на месте», получила благодаря горелке Э. Фуше.

Эдмонд Фуше (родился в 1858, умер 17.02.1931 в Париже), физик, химик, после школы искусств и ремесел в Анжере (Франция) окончил высшую политехническую школу. С 1896 г. он работает все в той же французской Национальной компании, занимаясь растворимым ацетиленом. Совместно с Ш. Динаром и другими сотрудниками им было создано оборудование для газовой сварки. Возглавляя Центральный комитет по ацетилену, Э. Фуше сделал очень много для внедрения газовой сварки. С 1922 г. он был президентом Института газовой сварки, председателем административного совета Высшей школы по газовой сварке, а так же президентом Международной комиссии по применению ацетилена и газовой сварки в промышленности.

В 1902 г. Э. Фуше запатентовал горелку с инжектором, через которую подавался под давлением кислород. В этих горелках ацетилен смешивался с кислородом в два этапа, таким образом, что через первую всасывающую трубку проходила смесь практически невзрывоопасного состава. В том же году началось широкое внедрение ректификационных аппаратов для разделения воздуха на составляющие по способу немецкого физика К. Линде. Сварочная технология была обеспечена кислородом. Спустя два года горелки Фуше уже использовали и в качестве резаков, для чего повышали давление кислорода на выходе из дополнительных каналов.

В 1906 г. во Франции ацетилен-кислородную сварку применяли не менее чем в 500 мастерских и на заводских участках. В течение нескольких лет ее начали широко использовать на предприятиях Европы, а с 1905 г. — на заводах США. ■ #140