



6 (40) 2004

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

Журнал награжден Почетной  
грамотой и Памятным знаком  
Кабинета Министров Украины

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

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

**Издатель:** ГВП «Экотехнология»

**Издание журнала поддерживают:**



Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»  
Журнал издается при содействии  
UNIDO

**Главный редактор** К. А. Ющенко

**Зам. главного редактора** Б. В. Юрлов, Е. К. Доброхотова

**Редакционная коллегия:** В. В. Андреев, В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко, В. М. Илющенко, А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко, П. П. Проценко, И. А. Рябцев, А. М. Сливинский

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

**Редакция:** Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина, В. Ю. Демченко, Н. В. Кильчевский

**Маркетинг и реклама:** Е. Б. Юрлов

**Верстка:** Т. Д. Пашигрова, А. Е. Рублева

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

**Телефон:** +380 44 268 3523, 227 6502

**Факс:** +380 44 227 6502

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

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

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

**Представительство в России:** Москва  
Александр Николаевич Тымчук  
+7 095 291 7733 (т.ф.)  
e-mail: welder@sovintel.ru  
www.welder.ru  
ООО «АНТ «Интеграция»

**Представительство в Прибалтике:** Вильнюс  
Александр Шахов  
+370 2 47 4301  
ПФ «Рекламос Центррас»

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

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

Предоставленные материалы должны быть напечатаны с указанием авторов, адреса, телефона. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала. При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 26.11.2004. Формат 60×84 1/8.  
Печать офсетная. Бумага офсетная №1.  
Гарнитура Petersburg CTT. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.  
Зак. № 26/11 от 26.11.2004. Тираж 3000 экз.  
Печать ООО «Людопринт Украина», 2004.  
01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39–41, к. 1012–1014.  
Тел. (044) 220–0879, 227–4280.

© «Экотехнология», «Сварщик», 2004

# Сварщик

Информационно-технический журнал

Технологии  
Производство  
Сервис



## СОДЕРЖАНИЕ

### Новости техники и технологии ..... 4

### Производственный опыт

- Высокоэффективные технологии получения сварных соединений деталей газотурбинных двигателей.  
*Ю. С. Елисеев, В. А. Поклад, В. А. Гейкин, Н. И. Шаронова* ..... 6
- Современные технологии автоматической сварки стальных конструкций мостов в России. *В. Г. Гребенчук, А. С. Платонов* ..... 8
- Технологии восстановления изношенных и дефектных деталей с помощью металлокомпозитных материалов. *А. А. Ищенко* ..... 12
- Восстановление ковшей карьерных экскаваторов дуговой наплавкой самозащитными проволоками. *Ю. М. Кусков, И. А. Кондратьев, А. Г. Богаченко, А. П. Кулиш, И. А. Чирков, А. В. Байда, И. Л. Крамов, Д. М. Косолапов, А. Ю. Малий* ..... 16

### Наши консультации ..... 18

### Технологии и оборудование

- Электролитно-плазменная обработка поверхности сварочной проволоки. Часть 2. *Н. М. Воропаев* ..... 20
- Зарубежное оборудование и технология объемной термообработки корпусного оборудования газопламенным нагревом изнутри. *П. М. Корольков* ..... 22
- Свариваемость медных сплавов при шовной сварке трением. *К. Саволайнен, Ю. Мононен, Т. Саукконен, Х. Хеннинен, Ё. Коивула* ..... 26
- Ультразвуковая сварка гибких вентиляционных труб из искусственных кож. *Н. П. Нестеренко* ..... 32
- Эффективное вентиляционное оборудование — составная часть промышленной технологии ..... 35
- Керамические флюсы ЗАО «Прометей-Ферромет». *А. В. Пименов* ..... 36

### Дискуссия

- В порядке обсуждения статьи В. А. Сергиенко и И. И. Гуменшаймера «Огнепреградительные устройства завода «Донмет» (*«Сварщик» №3, 2004*). *М. М. Лилько* ..... 37
- Об актуальности газоинжекторной аппаратуры и защитных устройств (возражения на некоторые утверждения главного конструктора АО «Эффект» М. М. Лилько).  
*В. А. Сергиенко, И. И. Гуменшаймер, Н. Н. Бобух* ..... 39

### Конференции и семинары

- Судостроение—сварка 2004. Практический семинар. *В. М. Илющенко* ..... 42
- Современное сварочное оборудование и процессы сварки в промышленности. Международный семинар. *С. В. Раков* ..... 43
- Повышение надежности сварных соединений при монтаже и ремонте технологического оборудования в энергетике. Научно-технический семинар. *А. А. Кайдалов* ..... 44
- Надежность и ремонт машин. Международная научно-техническая конференция. *Ю. Н. Торин* ..... 45

### Подготовка кадров

- Учебные программы на 2005 г. Межотраслевого учебно-аттестационного центра ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины ..... 46
- Зарубежные аналоги отечественных марок конструкционных сталей ..... 49

### Торговый ряд

**Заметки на полях**  
взяты из книги Артура Блоха  
«Законы Мэрии».

2004

ноябрь–декабрь

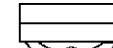


<b>Новини техніки і технології . . . . .</b>	3
<b>Виробничий досвід . . . . .</b>	3
○ Високоекспективні технології одержання зварних з'єднань деталей газотурбінних двигунів. Ю. С. Елісеев, В. А. Поклад, В. О. Гейкін, Н. І. Шаронова . . . . .	6
○ Сучасні технології автоматичного зварювання сталевих конструкцій мостів в Росії. В. Г. Гребенчук, А. С. Платонов . . . . .	8
○ Технології відновлення зношених та дефектних деталей за допомогою металополімерних матеріалів. А. О. Іщенко . . . . .	12
○ Відновлення ковшів кар'єрних екскаваторів дуговим наплавленням самозахисними дротами. Ю. М. Кусков, І. О. Кондрат'єв, О. Г. Богаченко, А. П. Куліс, І. А. Чірков, А. В. Байдя, І. Л. Крамов, Д. М. Косолапов, А. Ю. Малий . . . . .	16
<b>Наши консультації . . . . .</b>	18
<b>Технології і обладнання . . . . .</b>	20
○ Електролітно-плазмова обробка поверхні зварювального дроту. Частина 2. М. М. Воропай . . . . .	20
○ Зарубіжне обладнання і технологія об'ємної термообробки корпусного обладнання газополум'янням нагрівом зсередини. П. М. Корольков . . . . .	22
○ Зварюваність мідних сплавів при шовковому зварюванні тертям. К. Саволайнен, Ю. Мононен, Т. Саукконен, Х. Хенцинен, Е. Коівлула . . . . .	26
○ Ультразвукове зварювання гнутих вентиляційних труб із штучних шкір. М. П. Нестеренко . . . . .	32
○ Ефективне вентиляційне обладнання — складова частина промислової технології . . . . .	35
○ Керамічні флюси ЗАТ «Прометей-Ферромет». А. В. Піменов . . . . .	36
<b>Дискусія . . . . .</b>	37
○ В порядку обговорення статті В. О. Сергієнко та І. І. Гуменшаймера «Вогнеперепиняючі пристрій заводу «Донмет» («Сварщик» №3, 2004). М. М. Лілько . . . . .	37
○ Про актуальність газоінжекторної апаратури і захисних пристрій (заперечення на деякі затвердження головного конструктора АТ «Ефект» М. М. Лілько). В. О. Сергієнко, І. І. Гуменшаймер, Н. Н. Бобух . . . . .	39
<b>Конференції і семінари . . . . .</b>	42
○ Суднобудування-зварювання 2004. Практичний семінар. В. М. Ілюшенко . . . . .	42
○ Сучасне зварювальне обладнання і процеси зварювання в промисловості. Міжнародний семінар. С. В. Раков . . . . .	43
○ Підвищення надійності зварних з'єднань при монтажі і ремонти технологічного обладнання в енергетиці. Науково-технічний семінар. А. А. Кайдалов . . . . .	44
○ Надійність і ремонт машин. Міжнародна науково-технічна конференція. Ю. М. Тюрин . . . . .	45
<b>Підготовка кадрів . . . . .</b>	46
○ Учбові програми на 2005 р. Міжгалузевого училищно-атестаційного центру ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України . . . . .	46
● Зарубіжні аналоги вітчизняних марок конструкційних сталей . . . . .	49
<b>Торговельний ряд . . . . .</b>	51

**CONTENT**

<b>News of technique and technologies . . . . .</b>	3
<b>Industrial experience . . . . .</b>	3
○ High effective technologies of obtaining of weld joints of details for gas turbine engines. Yu. S. Eliseev, V. A. Poklad, V. A. Geykin, N. I. Sharonova . . . . .	6
○ Modern technologies of automatic welding of steel structures for bridges in Russia. V. G. Grebenchuk, A. S. Platov . . . . .	8
○ Renovation technologies of wearing-out and defect details by metal polymer materials. A. A. Ishchenko . . . . .	12
○ Renovation of buckets quarry excavators by arc cladding of self-protective wires. Yu. M. Kuskov, I. A. Kondrat'ev, A. G. Bogachenko, A. P. Kulish, I. A. Chirkov, A. V. Bayda, I. L. Kramov, D. M. Kosolapov, A. Yu. Maliy . . . . .	16
<b>Our consultations . . . . .</b>	18
<b>Technologies and equipment . . . . .</b>	20
○ Electrolytic-plasma treatment of surface of welding wire. Part 2. N. M. Voropay . . . . .	20
○ Foreign equipment and technology of volume thermal treatment of case equipment by gas flame heating from within. P. M. Korolkov . . . . .	22
○ Friction stir weldability of copper alloys. K. Savolainen, J. Mononen, T. Saukkonen, H. Henninen, J. Koivula . . . . .	26
○ Ultrasonic welding of flexible air duct pipes from imitation leathers. N. P. Nesterenko . . . . .	32
○ Effective air duct equipment — constituent part of industrial technology . . . . .	35
○ Ceramic fluxes of close corporation «Prometey-Ferromet». A. V. Pimenov . . . . .	36
<b>Discussion . . . . .</b>	37
○ As a basis for discussion of article by V. A. Sergienko and I. I. Gumenhaymer «Fire barrier facilities of factory «Donmet» («Svarshchik» №3, 2004). M. M. Lil'ko . . . . .	37
○ About urgency of gas injector apparatus and protective facilities (objections on some assertions of chief designer of joint-stock company «Effect» M. M. Lil'ko). V. A. Sergienko, I. I. Gumenhaymer, N. N. Bobukh . . . . .	39
<b>Conferences and seminars . . . . .</b>	42
○ Practical seminar «Shipbuilding-welding 2004». V. M. Ilyushenko . . . . .	42
○ International seminar «Modern welding equipment and processes of welding in industry». S. V. Rakov . . . . .	43
○ Scientific and technical seminar «Increasing of reliability of welding joints during mounting and repair of technological equipment in power engineering». A. A. Kaidalov . . . . .	44
○ International scientific and technical conference «Reliability and repair of machines». Yu. N. Tyurin . . . . .	45
<b>Training . . . . .</b>	46
○ Educational programs on 2005 of Inter-branch educational and certifying center of The E. O. Paton Electric Welding Institute of National Academy of Sciences of Ukraine . . . . .	46
● Foreign analogues of native types of structural steels . . . . .	49
<b>Trade line . . . . .</b>	51

Технології  
Виробництво  
Сервіс



**6 (40) 2004**

Журнал виходить 6 раз на рік.

Видається з квітня 1998 р.

Передплатний індекс **22405**

Журнал нагороджений Почесною грамотою і  
Пам'ятним знаком Кабінету Міністрів України

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 3102 від 09.03.98

**Засновники:**

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

ДВП «Екотехнологія»

**Видавець:**  
**Видання журналу підтримують:**

Товариство зварників України,  
Національний технічний університет  
України «КПІ»  
Журнал видається за сприяння  
UNIDO

**Головний редактор** К. А. Ющенко

**Заст. головного редактора** Б. В. Юрлов, Є. К. Доброхотова

**Редакційна колегія:** В. В. Андреєв, В. М. Бернадський, Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко, В. М. Ілюшенко, А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко, П. П. Проценко, І. О. Рябцев, А. М. Сливинський

**Редакційна рада:** В. Г. Фартушний (голова), М. М. Кононов, П. О. Косенко, М. О. Лактіонов, Я. І. Мікитин, Г. В. Павленко, В. М. Проскудін, О. Розишляєв, О. В. Щербак

**Редакція:** Т. М. Мішина, Г. Л. Берзіна, В. Ю. Демченко, М. В. Кільчевський

**Маркетинг і реклама** Є. Б. Юрлов

Т. Д. Пашигорова, А. Є. Рубльова

03150 Київ, вул. Горького, 62

+380 44 268 3523, 227 6502

+380 44 227 6502

welder@svitonline.com

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

Мінськ

Вячеслав Дмитрович Сиваков

+375 17 213 1991, 246 4245

Москва

Олександр Миколайович Тимчук

+7 095 291 7733 (т./ф.)

e-mail: welder@sovintel.ru

www.welder.ru

ТОВ «АНТ «Інтеграція»

Вільнюс

Олександр Шахов

+370 2 47 4301

ПФ «Рекламос Центрас»

Софія

Стоян Томанов

+359 2 953 0841, 954 9451 (т./ф.)

e-mail: evertood@mail.bg

ООД «Еверт-КТМ»

За достовірність інформації та зміст реклами відповідальність несуть автори та рекламодавці. Думка авторів статей не завжди співпадає з позицією редакції.

Рукописи не рецензуються і не повертаютьсяся. Представлені матеріали повинні бути надруковані із зазначенням адреси, телефону. Редакція залишає за собою право передавати та скорочувати статті. Листування з читачами — тільки на сторінках журналу. У разі використання матеріалів у будь-якій формі посилання на «Сварщик» обов'язкове.

Підписано до друку 26.11.2004. Формат 60×84 1/8.

Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура PetersburgСTT. Ум. друк. арк. 5,0. Обл. вид. арк. 5,2.

Зам. № 26/11 від 26.11.2004. Тираж 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопринт Україна», 2004.

01023 Київ, вул. Ш. Руставелі, 39–41, к. 1012–1014.

Тел. (044) 220–0879, 227–4280.

© «Екотехнологія», «Сварщик», 2004

## К читателям

Подходит к концу четвертый год XXI века. И хотя этот год был высокосным, нельзя сказать, что в нем не было успехов, достижений, просто работы, приносящей удовлетворение. Вся команда журнала «Сварщик» в уходящем году делала все возможное, чтобы читатели получили наиболее интересную и полезную информацию для специалистов сварочного производства, которая «стала б у пригоди» в профессии, родила идею или заронила сомнение, подтолкнула к действию.

В уходящем году, как и в предыдущие годы, продолжала расширяться география постоянных читателей и подписчиков журнала. В Республике Беларусь при участии нашего издания начал издаваться «Сварщик в Белоруссии», появились новые партнеры в Болгарии и Латвии.

Благодаря успешному развитию международных контактов для нас открывается возможность узнать о тенденциях развития сварочного производства в других странах и рассказать о них на наших страницах, а значит, предоставить такую возможность специалистам Украины.

Отзывы читателей, появление новых авторов и рост числа подписчиков подтверждают, что мы работали не зря. Но все это не окончательное подведение итогов, а только промежуточный этап, так как «Сварщик», мы уверены, еще не один год будет существовать в информационном пространстве Украины и за его пределами и содействовать развитию сварочного производства.

В следующем году в журнале появится больше интересных и актуальных статей, а также расширится круг специалистов, которые захотят раскрыть секреты своего дела или обсудить наболевшие проблемы. Мы всегда рады новым авторам и предлагаем им воспользоваться нашим изданием как средством коммуникации, как посредником в кругу коллег, партнеров и конкурентов.

Обращаясь к читателям нашего журнала, мы желаем всем в следующем году больших успехов, а залогом таких успехов могут стать творчество плюс энтузиазм, плюс новая информация.

*С наступающим 2005 годом!*

Редакция журнала «Сварщик»



## Прецизионная сварка массивных стальных колонн

Мировой лидер в производстве массивных стальных колонн для буровых платформ и ветроэлектростанций Textron Inc. (США) использует прецизионную сварку и оборудование для позиционирования, разработанное английским специалистом Key Plant с применением редукторов фирмы David Brown Engineering, являющейся частью компании Textron Fluid&Power.

Для голландского производственного гиганта SIF Group Key Plant разработал конструкцию, установку и ввел в эксплуатацию оборудование для позиционирования и сварки колонн массой до 450 т каждая. Секции стальной колонны размещают на рельсовых тележках. Вращатели, расположенные на этих мощных тележках, синхронно с перемещением врачают секции, чтобы дать возможность выполнить сварку. Мощный поперечный привод может передвигать 450-тонные колонны на дру-



гой производственный участок. Привод и неработающие тележки связаны с мощной колесной тележкой ведущим винтом и шестеренчатым двигателем с цифровым дисплеем, показывающим положение колонн или труб различных диаметров.

Редукторы фирмы David Brown Engineering играют решающую роль в проведении этих операций. Червячные счетверенные редукторы серии F с редукцией 847:1, наибольшие из серии A среднего диапазона, соединены с двигателями мощностью 5,5 кВт для вращения стальных цилиндров. Геликоидальные редукторы серии F с редукцией 1400:1, соединенные с двигателями мощностью 5,5 кВт, дают мягкий старт и перемещают тележки и их массивную нагрузку со скоростью до 2 м/мин. Редукторы серии K с косозубыми шестернями (редукция от 100:1 до 45:1) используют в приводе винтового механизма для подъема и опускания стальных секций с миллиметровой точностью.

Двигатели с редукторами серии M с косозубыми шестернями на одной оси используют как первичные приводы в более малых механизмах вращения/перемещения изделий массой 150 т с редукцией 17:1. В редукторах серии M используют спаренное двойное сцепление производства компании Textron, позволяющее компенсировать как несоосность, так и угловое смещение.

Механизмы фирмы David Brown Engineering довольно просты и являются наилучшими на рынке по исполнению, сроку службы и надежности.

● #492

<http://www.textronpt.com/uk/index.htm>

## Новые лазерные головки для наплавки и нанесения покрытий

Предложена новая подающая головка с некоаксиальным (боковым) соплом для лазерной наплавки порошками. В эту головку встроена система контроля и управления. Скорость подачи порошка измеряется с помощью специальных весов, непрерывно регистрирующих массу остающегося порошка.

Разработано также новое специальное коаксиальное сопло для подачи порошка в многокиловаттном YAG-лазере со световодом, что позволило по сравнению с CO<sub>2</sub>-лазерами повысить производительность на-

плавки в два раза. При этом КПД сопла составляет более 90% вместо ранее достигаемых 65%. Новое коаксиальное сопло позволяет также осуществлять многонаправленную наплавку, что дает возможность ремонтировать изделия сложной формы.

Разработаны новые модули формирования луча в диодных лазерах средней мощности, которые позволяют оптимизировать геометрию лазерного луча в зависимости от требуемого технологического процесса. Используя световод, можно наблюдать и сам процесс обработки.

● #493

Centro Ricerche Fiat SpA,  
Tecnologie Optomeccaniche Orbassano  
Torino (Италия)

2-е уравнение Снэйфу. Самый необходимый предмет или самая необходимая доза информации всегда будут наименее доступными.



## Алюминиевый пеноматериал

В Словакии разработан специальный высокопористый пеноматериал из алюминия или из сплавов на основе алюминия, изготавляемый по специальной технологии. Поры составляют более 2/3 общего объема материала, что обеспечивает плотность менее 1 г/см<sup>3</sup>. Пеноматериал имеет высокую удельную жесткость, низкую тепло- и электропроводность, высокое звукоизлучение и отличное поглощение деформаций при низких уровнях напряжений.

Эти свойства вместе с тепло- и огнестойкостью, полной утилизацией и экологической чистотой делают алюминиевый пеноматериал привлекательным для применения в строительстве и на транспорте. Из него можно изготавливать:

- самоподдерживающиеся легкие панели для транспорта и строительства;
- стержни для сэндвич-конструкций или изотропных сэндвичей;
- экологически безвредные негорючие потолочные и стеновые панели в гостиницах, супермаркетах и других общественных зданиях для улучшения тепловой и звуковой изоляции;
- изделия, альтернативные деревянным, негорючие, сохраняющие устойчивые

размеры, не поражаемые паразитами и плесенью, легко перерабатываемые и т. д.;

- легковесные детали машин с высокой жесткостью и хорошими демпфирующими свойствами;
- долговременные стержни для литья;
- полые профили, частично вспененные, в непрочных секциях;
- детали, поглощающие энергию удара, для автомобилей в качестве защиты пассажиров;
- защитные деформационные зоны для систем подъема и транспортировки;
- корпусы электронных приборов, обеспечивающие эффективную электромагнитную, тепловую и звуковую защиту;
- поглотители звука в помещениях с тяжелыми условиями работы (высокая температура, влажность, пыль, поток газа, вибрации и др.);
- детали для восстановления тепловой защиты и изоляции;
- плавучие конструкции для работы при высоких температурах и давлениях.

Основная цель разработки — возможность использования одного и того же порошкового сырья для деталей различных форм и размеров, что снижает стоимость процессов порошковой металлургии при производстве пеноматаллов. Поверхность вспененных деталей покрывают тонким металлическим слоем, значительно улучшающим прочность и внешний вид деталей (они неотличимы от деталей, изготовленных из цельного алюминия). ● #494

BIC Bratislava (Словакская Республика)

## Новые сварочные электроды в Узбекистане

В 2002 г. д-р Р. М. Сайдов (Агентство продвижения исследовательских и инновационных проектов — APRIP) с группой узбекских ученых и специалистов начал работать в проекте STCU NoUzb-27 по разработке новых перспективных сварочных электродов на основе материалов из рудных минералов Республики Узбекистан. Главная цель данного проекта — разработка недорогих отечественных электродов с использованием местного сырья, которые можно экспортовать. В результате работы группы исследователей было освоено производство шихты для кислого, основного и рутилового покрытий электродов из местного сырья. Патентное бюро Узбекистана выдало сертификаты для трех покрытий сварочных электродов: STCU-кислое, STCU-универсальное, STCU-основное.

Новые электроды прошли тестирование и промышленные испытания на соответ-

ствие всем нормам ГОСТ 9467-75 и AWS A5.1 на авиазаводе им. В. И. Чкалова (Узбекистан) и в компании MB Industries, Inc. (Вапаконета, штат Огайо, США). Технологическая информация по производству и использованию новых электродов была опубликована и зарегистрирована 28 июня 2002 г. в Узгосстандарте.

В настоящий момент рассматривается вопрос о создании совместного узбекско-украинского проекта как продолжения проекта NoUzb-27. Главная цель нового проекта — исследование, детальная разработка и развитие производства новых сварочных электродов с использованием сырьевых материалов из рудных минералов Узбекистана и промышленных отходов. Важными задачами проекта являются также исследование местных рудных запасов, разработка способов использования промышленных отходов и увеличение объема производства новых электродов для отечественного и зарубежного рынков. ● #495

Украинский научно-технологический центр

*Закон Букера. Даже маленькая практика стоит большой теории.*





# Высокоэффективные технологии получения сварных соединений деталей газотурбинных двигателей

**Ю. С. Елисеев, д-р техн. наук, В. А. Поклад, канд. техн. наук, ФГУП «ММПП «Салют» (Москва),  
В. А. Гейкин, д-р техн. наук, Н. И. Шаронова, инж., НТЦ «НИИД» ФГУП «ММПП «Салют» (Москва)**

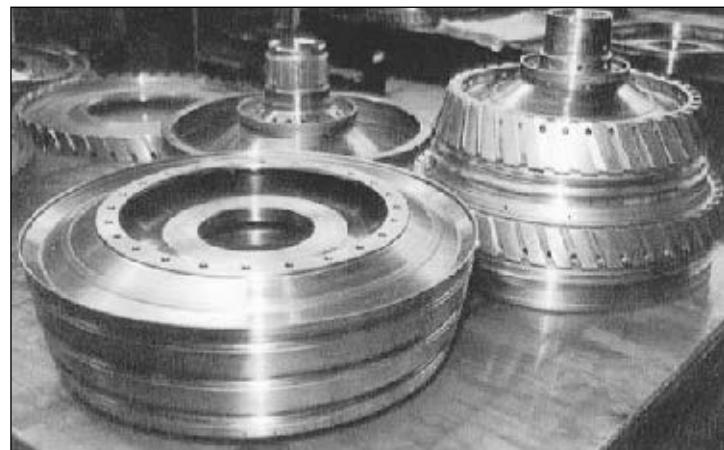
**Создание новейших образцов авиационной и судостроительной техники с повышенными техническими характеристиками, в первую очередь газотурбинных двигателей (ГТД), стало возможным благодаря применению новых материалов, обладающих комплексом заданных физико-химических и механических свойств, а также широкому использованию прогрессивных технологических процессов и оборудования при производстве данной техники. Это потребовало создания или усовершенствования известных методов получения неразъемных соединений, в частности, использования сварки плавлением вместо, например, болтовых соединений в роторных конструкциях ГТД.**

Анализ существующих конструктивных решений и технологий производства двигателей показал, что одним из главных путей повышения технологичности конструкций, коэффициента использования металла (КИМ), снижения трудоемкости и энергомкости изделий является широкое применение сварных конструкций.

Первые такие попытки при серийном производстве авиационных и корабельных газотурбинных двигателей натолкнулись на ряд технических и организационных трудностей, обусловленных тем, что не было:

- теоретических и экспериментальных исследований свариваемости новых

Рис. 1.  
Барабаны  
роторов  
компрессоров  
низкого  
и высокого  
давления  
после  
электронно-  
лучевой  
сварки



жаропрочных материалов газотурбинных двигателей;

- технологии создания точных узлов с применением сварки окончательно обработанных деталей из трудносвариваемых сталей и сплавов больших толщин;
- специализированного энергетического и технологического оборудования для соединения конструкционных материалов ГТД;
- современных участков для опытного и серийного производства сварных конструкций.

Без решения этих и других вопросов организовать серийное производство ГТД с улучшенными характеристиками без значительных материальных и трудовых затрат было невозможно. Сварные соединения жаропрочных сплавов, выполненные аргонодуговой сваркой, имели низкую стойкость к образованию трещин и высокотемпературной солевой коррозии и не позволяли получить сварные узлы с заданной по геометрии точностью. Поэтому возникла острая необходимость проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, целью которых была разработка высокоэффективных технологий, способных решить поставленные задачи по сварке деталей ГТД в условиях опытного и серийного производства.

Как показала многолетняя практика, весьма надежным методом получения оригинальных конструкций ГТД является метод, основанный на использовании высокоэнергетического потока электронов, получаемого за счет разогрева катода с последующим ускорением электронов в высоковольтном электрическом поле напряжением от 30 до 150 кВ. Благодаря высокой концентрации энергии в сфокусированном электронном луче стал возможным специфический механизм введения теплоты в глубь свариваемого материала через узкий

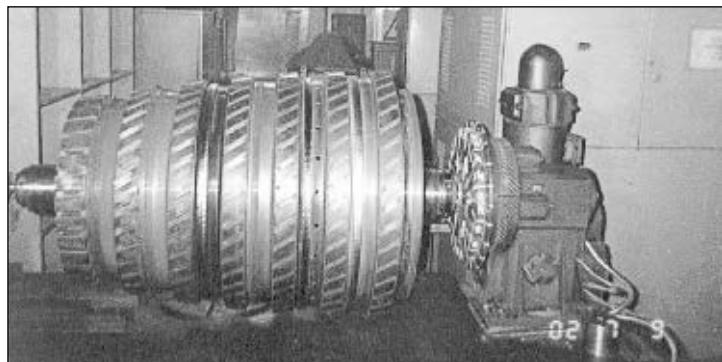
парогазовый канал, который позволяет получать соединения с отношением глубины шва к его ширине 20:1 и более при минимальных деформациях.

Для достижения поставленной цели были выполнены теоретические и экспериментальные исследования свариваемости жаропрочных сталей и сплавов, позволившие выбрать электронно-лучевую сварку (ЭЛС) как единственно возможный, надежный и экономичный способ соединения деталей.

На основании фундаментальных исследований, проведенных авторским коллективом с участием ученых ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (О. К. Назаренко, А. А. Кайдалов, Е. Н. Трунов, В. И. Ташлай, Б. А. Задерий), специалистов предприятий и организаций авиационной и судостроительной промышленностей России и Украины, работников высших учебных заведений, разработаны основы создания оборудования и технологии электронно-лучевой сварки. Создано свыше 40 типов установок для электронно-лучевой сварки, 15 типов энергетических блоков с ускоряющим напряжением 30, 60 и 120 кВ. Разработано свыше 400 промышленных технологий электронно-лучевой сварки различных конструкций ГТД с высокой надежностью эксплуатации и долговечностью. Освоена сварка свыше 50 наименований жаропрочных титановых и никелевых сплавов.

Проведенные конструкторско-технологические разработки использованы для создания сварных корпусов компрессоров низкого и высокого давления, камер сгорания, опорных венцов, сопловых аппаратов, переборов, роторов компрессоров низкого и высокого давления (рис. 1), сопловых аппаратов, валов, рессор, жаровых труб, шестерен и других изделий, а также для восстановления деталей и узлов ГТД. За разработку и широкое внедрение в производство газотурбинных двигателей оборудования и технологии для электронно-лучевой сварки указанному авторскому коллективу была присуждена премия Совета Министров СССР в области науки и техники за 1991 год.

При современном производстве роторных конструкций из жаропрочных титановых и никелевых сплавов успешно используют электронно-лучевую сварку как на универсальных, так и на специализированных установках. ЭЛС благодаря возможности достижения высокой плотности энергии в пятне нагрева, надежной вакуумной защите металла сварочной ванны, малому



объему расплавленного металла, кратко-временности теплового воздействия при сварке обеспечивает незначительные деформации соединяемых деталей и имеет преимущества по сравнению с традиционными методами сварки плавлением. Однако с уменьшением размеров новых двигателей возникают проблемы при удалении корневой дефектной части швов из-за ее труднодоступности. Поэтому одной из задач получения неразъемных соединений дисков роторов перспективных ГТД является разработка технологии ЭЛС с формированием обратного валика без последующей механической обработки корня шва.

Для более надежного формирования обратного валика швов роторов из титановых сплавов ВТ9 и ВТ20 толщиной 5–16 мм использовали сварку горизонтальным пучком электронов в горизонтальной плоскости на сварочной установке с ускоряющим напряжением до 150 кВ.

Ремонт деталей и узлов ГТД — одно из важных направлений использования различных методов сварки и пайки. Однако применение сварки в процессе ремонта требует последующей термической обработки для снятия остаточных напряжений и для получения необходимых механических свойств. Как показывает практика, общая печная термическая обработка не всегда возможна из-за больших габаритов изделий, возможности нарушения геометрических размеров конструкций. Данная проблема может быть решена применением локальной термической обработки электронным лучом.

На рис. 2 дан внешний вид ротора компрессора газотурбинного двигателя ДЖ-59 из жаропрочной стали 13Х11Н2В2МФ (ЭИ961) после восстановления гребешков лабиринтных уплотнений методом наплавки и последующего отжига электронным лучом на установке ЭЛУ-20.

(Окончание на стр. 15)

Рис. 2. Ротор компрессора газотурбинного двигателя ДЖ-59 после электронно-лучевой наплавки на установке ЭЛУ-20

Закон термодинамики Мэрии. Под давлением все ухудшается.



# Современные технологии автоматической сварки стальных конструкций мостов в России

**В. Г. Гребенчук, канд. техн. наук, А. С. Платонов, д-р техн. наук, филиал ОАО НИИ транспортного строительства, Научно-исследовательский центр «Мосты» (филиал ОАО ЦНИИС НИЦ «Мосты», Москва)**

**В мостостроении Российской Федерации все стальные пролетные строения мостов и обычного, и северного исполнений в настоящее время изготавливают сварными или болто-сварными. Широкое применение автоматической сварки в стальном мостостроении как при заводском изготовлении, так и при монтаже обеспечило снижение металлоемкости пролетных строений мостов на 15–20%.**

При заводском изготовлении конструкций пролетных строений значительную долю (около 80%) составляет автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом и в защитных (активных и инертных) газах. Уровень механизации сварочных работ на заводах в последние годы достиг 85–90%, а газорезательных – 90–95%. Широкое применение получили специальные двухшовные сварочные автоматы различной модификации. С помощью этих специальных двухдуговых сварочных аппаратов, а также современных однодуговых аппаратов выполняют автоматическую сварку под флюсом и в смеси защитных газов различных конструктивных элементов стальных пролетных строений: главных балок длиной 21 м и высотой около 4 м, блоков ортотропных и ребристых плит проезжей части, различных коробчатых элементов решетчатых пролетных строений железнодорожных мостов и др. Например, в 1998–1999 гг. ОАО «Завод Электрик» (С.-Петербург) по техническому заданию филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Мосты» разработал и начал серийное изготовление нового однодугового сварочного автомата АДФ-10030, позволяющего качественно выполнять автоматическую сварку под флюсом различных стыковых и тавровых соединений. Данное оборудование прошло практическую проверку на многих заводах и стройплощадках.

Внедрение в отечественное мостостроение России автоматической сварки угловых швов различных тавровых соединений

малыми катетами дало возможность резко снизить объем наплавленного металла, а также трудоемкость термической и термо-механической правки мостовых конструкций. На специализированных мостовых заводах широко применяют специальный автомат термической правки грибовидности поясов главных балок с высотой стенки около 4 м, который разработан специалистами ОАО ЦНИИС (Москва).

В современных конструкциях стальных пролетных строений автодорожных, городских и пешеходных мостов общая суммарная протяженность всех монтажных соединений распределяется таким образом, что основной объем (80–90%) по суммарной протяженности в метрах составляют монтажные соединения, выполненные с помощью сварки, и только 10–20% составляют болтовые соединения. При этом 90% протяженности монтажных соединений выполняют автоматической сваркой и только до 10% – ручной дуговой сваркой.

Монтажная автоматическая сварка нашла широкое применение при строительстве уникальных городских и автодорожных мостов больших пролетов, например, через Волгу в Астрахани и Казани, через Чусовую и Каму в Перми, Бережковский мост через Москву-реку в Москве и ряд других цельносварных мостов, путепроводов и эстакад при реконструкции МКАД и Третьего транспортного кольца Москвы.

В зависимости от длины монтажных блоков и толщины металла стыкуемых элементов применение при монтаже сварных соединений вместо болтовых позволяет снизить металлоемкость конструкций на 18–30%. Автоматическая сварка целесообразна в тех случаях, когда монтаж моста ведут с использованием продольной надвижки. При других способах монтажа, например навесной сборке, снижение металлоемкости достигают за счет применения





**8-й закон Мэрии в машиностроении. Необходимость во внедрении в конструкцию принципиальных изменений возрастает непрерывно по мере приближения к завершению проекта.**

комбинированных болто-сварных стыков главных балок: стенки стыкуют с помощью высокопрочных болтов, а пояса приваривают. При этом в зависимости от длины монтажных блоков получают экономию металла от 14 до 25%.

В монтажных стыках главных балок стальных пролетных строений мостов по-прежнему широко применяют так называемый цельносварной «стык Патона», выполняемый полностью автоматической сваркой. При этом вертикальные швы стенок главных балок высотой около 4 м выполняют специальными сварочными автоматами А-1150У конструкции ИЭС им. Е. О. Патона с применением порошковых самозащитных проволок.

В последние годы сотрудниками ИЭС им. Е. О. Патона и филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Мосты» разработано оборудование и технология вертикальной автоматической сварки стыковых соединений стенок главных балок пролетных строений мостов проволоками сплошного сечения под слоем расплавленного шлака. Новая технология прошла практическую проверку при строительстве ряда уникальных больших и вне-классных стальных мостов России: например, цементометаллического автодорожного моста через Волгу в Кинешме, Нижегородской эстакады на Третьем транспортном кольце Москвы с объемом смонтированных металлоконструкций более 25 тыс. т, пешеходного стального моста через Москву-реку от Храма Христа Спасителя до стрелки острова и др.

Разработанная технология вертикальной автоматической сварки конструкций стальных мостов проволоками сплошного сечения под слоем расплавленного шлака показала высокую эффективность, хорошее качество сварочных работ при безусловном обеспечении всего требуемого комплекса механических свойств сварных соединений согласно нормативным документам стального мостостроения России.

Самый большой объем монтажной сварки в стальных автодорожных и городских мостах приходится на стыки ортотропной проезжей части. В зависимости от длины и ширины моста это — километры или десятки километров (мосты через Волгу, Днепр, Обь, Енисей) швов, выполняемых автоматической сваркой. Все они являются стыковыми швами I категории, для их контроля используют метод ультразвуковой дефектоскопии (УЗД). В настоящее время

такие стыки выполняют односторонней автоматической сваркой под флюсом с применением гранулированной металлохимической присадки (МХП). Данная технология автоматической сварки разработана филиалом ОАО ЦНИИС НИЦ «Мосты». Обратный валик стыковых швов формируется на специальных комбинированных медных подкладках (КМП), предложенных этим предприятием.

Применение МХП для монтажной односторонней автоматической сварки стыковых соединений стальных конструкций мостов позволило решить ряд задач. Прежде всего, данные присадки гарантируют качество сварных соединений и их требуемые механические свойства, а также существенно снижают уровень остаточных сварочных напряжений как в шве, так и в зоне термического влияния, что позволяет существенно уменьшить угловые и линейные деформации конструкций и тем самым снизить объем термической и термомеханической правок.

Использование различных по химическому составу и свойствам сварочных проволок и химических добавок в составе МХП позволяет получить требуемый комплекс механических свойств металла шва и сварного соединения в целом. Немаловажным является и экономический фактор: возможность монтажной сварки стыковых соединений проката толщиной до 14 мм за один проход сварочного автомата (для проката по ГОСТ 6713-91\*). С помощью МХП можно выполнять монтажные стыковые швы толщиной до 16 мм включительно без разделки кромок (исключается подготовка свариваемых кромок на заводе и стройплощадке), при этом ширина зазора может колебаться в достаточно широком диапазоне — от 6 до 12 мм по всей длине стыка (10–12 м).

Данное обстоятельство важно для монтажной сборки конструкций стальных мостов. При этом гарантируется высокое качество монтажных сварных стыковых соединений.

Достаточно сложной технологической проблемой при монтажной сварке является обеспечение формирования обратной стороны стыкового шва при односторонней сварке данных соединений.

Многие годы для монтажной сварки стыковых соединений конструкций стальных мостов применяли ручную дуговую сварку корневого прохода с последующим

заполнением шва автоматической сваркой. Наряду с этим использовали медные подкладки с подсыпкой мелкого флюса в канавку подкладки. Однако данные технологии требовали механической обработки корня шва заподлицо с основным металлом, что является весьма трудоемкой операцией при большой суммарной протяженности стыковых швов, которую надо выполнять, как правило, в потолочном положении.

Применение медных подкладок с прокладками из стеклоткани позволило частично исключить зачистку корня шва, однако существует опасность контакта жидкой сварочной ванны с медными подкладками, что может привести к вварке в медь со всеми вытекающими последствиями (в швах образуются поперечные трещины).

С целью исключения образования таких дефектов и уменьшения трудоемкости выполнения данных монтажных стыковых соединений в филиале ОАО ЦНИИС НИЦ «Мосты» постоянно проводят научно-исследовательскую работу по совершенствованию конструкций формирующих под-

кладок для монтажной односторонней сварки стальных мостов.

В результате исследований была разработана новая конструкция комбинированных стекло-медных формирующих подкладок (КМП) для монтажной автоматической сварки с МХП стыков толщиной до 16 мм включительно. Этот диапазон толщин охватывает 80–90% объема монтажной сварки при сооружении конструкций стальных мостов с ортотропной проезжей частью. Одним из важнейших элементов данной конструкции подкладки КМП является обычное листовое стекло толщиной 3 мм. Его применение позволило получить высококачественное формирование обратной стороны корневого прохода шва, не требующей механической обработки (зачистки) его поверхности после сварки. При этом неизменными остались параметры режимов сварки, применяемые сварочные материалы и т. д., а механические свойства сварных стыковых соединений толщиной до 16 мм включительно соответствуют нормативам. Технология по достоинству оценена строителями, в настоящее время ее широко применяют на объектах МКАД и Третьего транспортного кольца Москвы, на уникальных мостах через Обь в районе Сургута (рис. 1, 2), Иртыш в Ханты-Мансийске, через Москву-реку в районе ММДЦ «Москва-Сити» (рис. 3) и др.

Разработанная филиалом ОАО ЦНИИС НИЦ «Мосты» технология монтажной автоматической сварки с МХП, во-первых, полностью исключает применение ручной и полуавтоматической подварки корня шва; во-вторых, конструкция стыка и комбинированной подкладки, а также технология автоматической сварки стыковых соединений здесь такова, что автоматическую сварку в нижнем положении выполняют с одновременным высококачественным формированием лицевой и обратной сторон шва. При качественной сборке стыковых соединений полностью исключается такая трудоемкая технологическая операция, как механическая обработка шлифовальными машинами обратной стороны стыковых швов. Учитывая, что на каждом объекте это километры или даже десятки километров стыковых сварных швов, практика показала, что трудоемкость сварки и сдачи объектов в соответствии с нормативными документами уменьшилась почти на 70%. Исключение ручной или полуавтоматической сварки на многокилометровых

Рис. 1.  
Общий вид  
вантового  
пролетного  
строения  
моста  
через р. Обь  
в районе  
Сургута

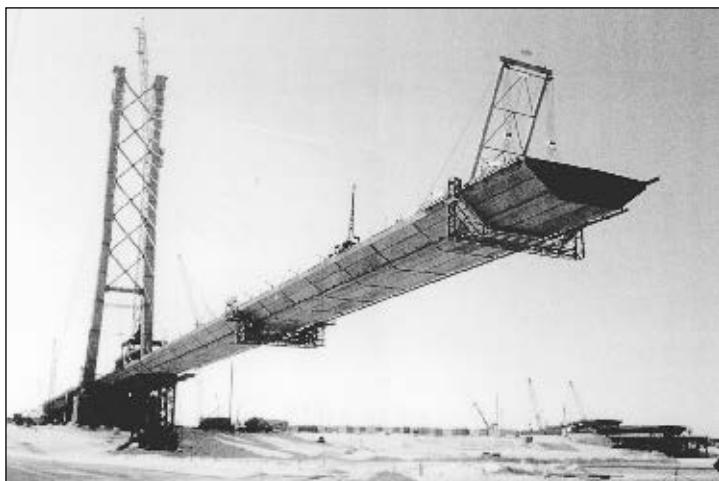
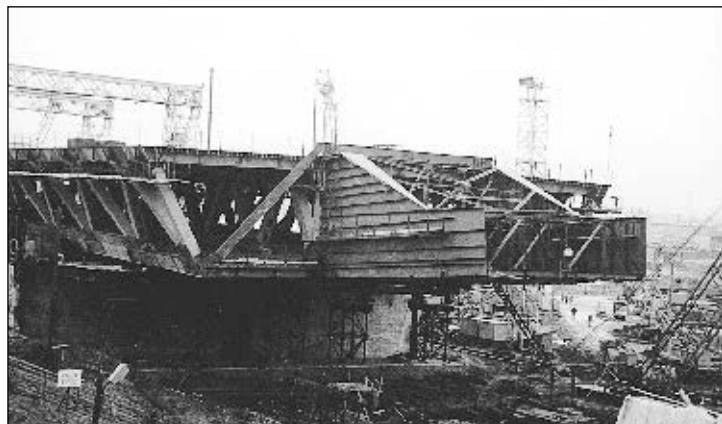


Рис. 2.  
Монтаж  
«в навес»  
блока  
вантового  
пролетного  
строения  
моста  
через р. Обь  
в районе  
Сургута

стыковых швах ортотропной проезжей части стальных мостов позволило существенно увеличить темпы строительства стальных мостов. Наглядным примером является недавно построенная цельносваренная Нижегородская эстакада на Третьем транспортном кольце Москвы. Общий тоннаж основных металлоконструкций — более 25 000 т. Автоматическую сварку всех стыковых швов в нижнем положении выполняли с применением гранулированной МХП по технологии НИЦ «Мосты». Основные конструкции данного объекта достаточно сложные с наклонными вертикальными стенками. В результате применения технологии монтажной автоматической сварки с МХП все основные металлоконструкции были сварены и поэтапно приняты за 12 мес.

Разработанную конструкцию стыков и комбинированных подкладок, а также технологию монтажной автоматической сварки с МХП успешно применяют не только при сооружении стальных мостов обычного исполнения (расчетная минимальная температура до минус 40 °С), но и для конструкций стальных мостов северного исполнения (реконструкция моста через реку Норильскую в Норильске; вантово-балочный мост через Обь в районе Сургута (см. рис. 1 и 2); автодорожный мост через Иртыш в Ханты-Мансийске и др.).

В последние годы филиалом ОАО ЦНИИС НИЦ «Мосты» были проведены комплексные исследования по свариваемости новых марок сталей, разработаны технологии и параметры режимов автоматической сварки новых марок сталей (наряду со сталью по ТУ 14-1-5120-92): атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ и листового проката марки 09Г2СЮЧ по



ТУ 14-1-5120-91 с изм. № 3 и 4. При разработке технологии автоматической сварки сталей 10-15ХСНДА по ТУ 14-1-5120-92 было установлено, что сварные стыковые соединения из данных марок сталей следует выполнять автоматической сваркой с ограничением погонной энергии сварки и учетом некоторых других конструктивно-технологических особенностей. В результате исследований была разработана технология заводской и монтажной односторонней автоматической сварки конструкций пролетных строений стальных мостов из проката марок 10-15ХСНДА 2-й и 3-й категорий по ТУ 14-1-5120-92. Данная технология обеспечивает весь комплекс нормируемых показателей механических свойств сварных стыковых соединений. В настоящее время разработанную технологию сварки проката по ТУ 14-1-5120-92 широко применяют в стальном мостостроении РФ (построены такие объекты, как первая очередь мостового перехода через Волгу у с. Пристанное в районе Саратова, при реконструкции МКАД в Москве, построен ряд мостов и путепроводов на Третьем транспортном кольце Москвы). ● #497

Рис. 3.  
Монтаж  
пролетного  
строения сов-  
мещенного  
моста через  
Москву-реку  
в районе  
ММДЦ  
«Москва-  
Сити»



**Профессионалам сварочного производства!**

**Ж У Р Н А Л**

**Сварщик**

**Техническая ИНФОРМАЦИЯ**

**будет необходима и в 2005 году.**

**Подписной индекс 22405 в каталогах «Укрпошта», «Пресса России»**

# Технологии восстановления изношенных и дефектных деталей с помощью металлополимерных материалов

**А. А. Ищенко, д-р техн. наук, Приазовский государственный технический университет (Мариуполь)**

**В последние годы в различных отраслях промышленности эффективно используют технологии ремонта оборудования с помощью металлополимерных материалов. В отдельных случаях они конкурируют с традиционными технологиями сварки и наплавки, и их применение оказывается экономически оправданным, несмотря на достаточно высокую стоимость этих материалов.**

Для излагаемой ниже технологии восстановления деталей использовали полимерные материалы фирмы «Диамант» (ФРГ): двухкомпонентные материалы на эпоксидной основе с мелкодисперсным металлическим наполнителем и различными модификаторами. Предел прочности на сжатие одного из таких материалов — «мультиметалла» — составляет 180–195 МПа, модуль упругости до 14000 МПа, температурный интервал эксплуатации от –32 до +200 °C.

Один из типичных примеров успешного применения металлополимерных материалов — восстановление чугунных корпусных деталей с повреждениями в виде трещин. К таким деталям относятся блоки цилиндров, рубашки охлаждения цилиндров компрессора и т. д. Работа была выполнена на центральном компрессоре автотранспортного предприятия в 1993 г. В результате «размораживания» этого корпуса общая длина трещин на двух цилиндрах составила более 800 мм. После разделки кромок, обезжиривания и просушки материал «мультиметалл—чугун» был нанесен на поврежденное место, а в местах, где трещина имела максимальный размер, усилен армирующей стеклотканью. Все работы выполняли без разборки и демонтажа компрессора. Через 16 ч компрессор был пущен в работу и проработал без замечаний к качеству шва более 9 лет.

Опыт восстановления треснувших чугунных блоков цилиндров автомобилей показал, что такой ремонт можно рассматривать как временную меру, позволяющую без разборки двигателя в кратчайшие сроки

запустить агрегат в работу. Наблюдения за отремонтированными двигателями показывают, что в зависимости от расположения дефектного места на блоке, где произошла его разгерметизация, и интенсивности эксплуатации двигателя срок службы за герметизированного шва составляет от 2 до 6 лет. Если длина трещины превышает 150 мм, применяют известные способы ее фиксации: частичную (путем установки гужонов в трещину) и полную (путем установки пластин, закрепляемых болтами по обе стороны трещины). Затем сверху и трещину, и крепежные элементы покрывают металлополимерным материалом.

Аналогичным образом решают задачи восстановления целостности корпусных деталей, выполненных из различных цветных металлов и сплавов. В России, например, эти технологии активно применяют при ремонте разнообразных повреждений чугунных корпусов насосов, компрессоров в системе «Тюменьэнерго» на Сургутской ГРЭС, Нижневартовской ГРЭС и др., а также при ремонте магистральных нефтепроводов и нефтеперекачивающего оборудования.

К этой же категории восстановительных ремонтов относят и ремонт дефектов литья, включая микропоры и микротрещины, которые устраняют однокомпонентным пропиточным материалом, имеющим специальную «ползучую» добавку для гарантированного проникновения на большую глубину микротрещины. Проведенные испытания восстановленных таким материалом деталей показали, что они выдерживают последующую работу под давлением до 9 МПа. При этом продолжительность работы восстановленной детали превышает 11 лет.

Такой пропиточный материал, по-видимому, можно использовать и для герметизации сварных швов, поскольку его модификации позволяют герметизировать трещины и поры размером от 0 до 0,1 мм и от 0,1 до 0,5 мм.

**Первый закон Чизкомпа. Все, что может испортиться, портится.**  
**Следствие. Все, что не может испортиться, тоже.**



Другой пример успешного использования металлополимерных материалов взамен традиционных способов наплавки — восстановление изношенных поверхностей тяжелонагруженных деталей и машин, например восстановление гнезд подшипников качения корпусных крупногабаритных деталей. Экономически целесообразно применять такие технологии прежде всего в тех случаях, когда корпусную деталь невозможно демонтировать и отправить в ремонтный цех. Такой подход возможен, поскольку восстановленная поверхность гнезда не требует механической обработки: она формируется либо поверхностью наружного кольца подшипника, либо специальным шаблоном. При этом металлополимерный материал не дает усадки во время затвердевания. Необходимо отметить, что практика такого восстановления и последующая эксплуатация машин в условиях воздействия ударов и динамических нагрузок показали, что срок работы восстановленных узлов в 1,8–2,0 раза превышает срок службы таких узлов, восстановленных традиционным способом. Причина этого, казалось бы, парадоксального результата кроется, по мнению автора, в увеличении площади контакта деталей после восстановления гнезда подшипника и соответствующего снижения удельных нагрузок, приводящих к постепенному выходу детали из строя. Шлифованная поверхность наружного кольца подшипника после восстановления контактирует со шлифованной поверхностью гнезда, сформированной самим подшипником (*рис. 1*). Кроме того, металлополимерный слой демпфирует ударные нагрузки.

На *рис. 2–4* показан пример применения технологии нанесения полимерного материала «мультиметалл» при восстановлении гнезда подшипника в корпусе рельсоправильной машины на металлургическом комбинате «Азовсталь».

Отметим, что целесообразно выполнять обработку металлополимерами не только изношенных, но и вновь изготовленных деталей, и прежде всего деталей, которые не могут быть упрочнены поверхностным пластическим деформированием. Расходы на металлополимерный материал и трудовые затраты на выполнение операций нанесения его минимальны, а эффект превосходит все ожидания — стойкость и долговечность деталей значительно возрастают.

Тот факт, что металлополимерные материалы хорошо работают на сжатие, позво-

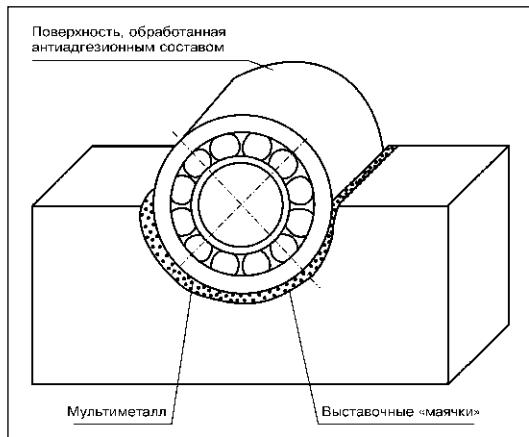


Рис. 1.  
Схема фор-  
мирования  
поверхности  
гнезда  
подшипника

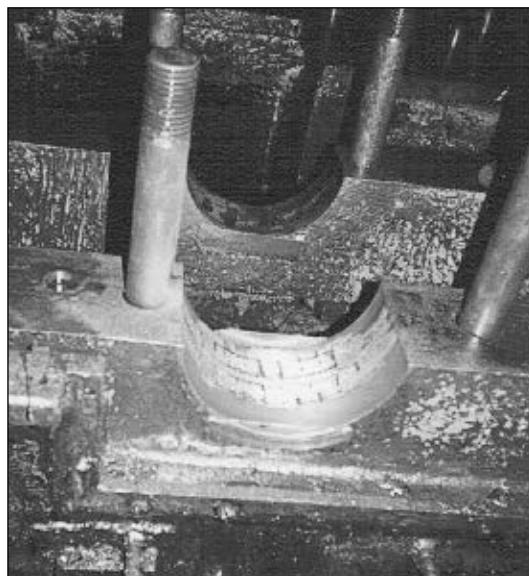


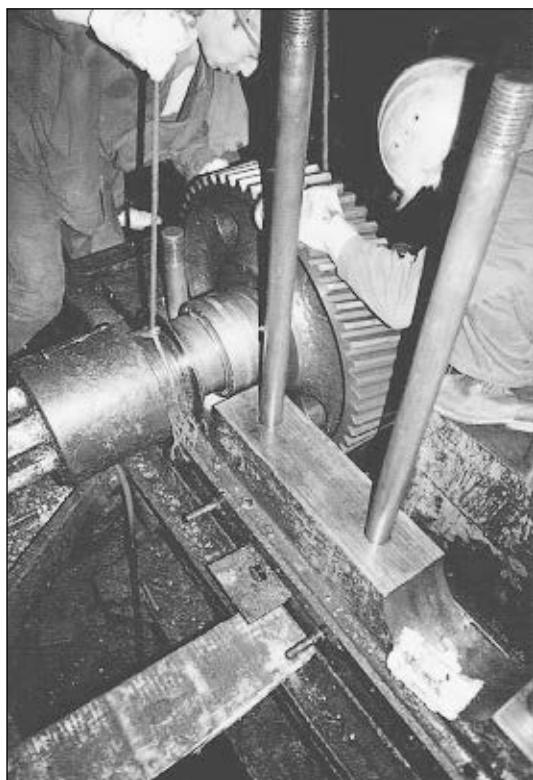
Рис. 2.  
Изношенное  
гнездо, под-  
готовленное  
к нанесению  
металло-  
полимерного  
материала  
«мульти-  
металл»



Рис. 3.  
Поверхность  
гнезда  
с нанесенным  
с избытком  
металло-  
полимерным  
материалом

ляет использовать их в тяжелых условиях, в частности, для восстановления проектных размеров проемов станин клетей прокатных станов и опорных поверхностей плитовин, на которых устанавливают прокатную клеть.

Рис. 4.  
Установка  
вала в сборе  
в проектное  
положение  
для форми-  
рования  
поверхности  
посадочного  
размера  
гнезда  
подшипника



Обычно плитовины приходится срывать с фундамента и восстанавливать в механических цехах путем наплавки и последующей механической обработки. Этот трудоемкий процесс требует больших затрат времени, в том числе на последующую установку восстановленных плитовин в проектное положение, заливку бетона и т. п. В 1994 г. на комбинате «Азовсталь» осуществлена уникальная ремонтная операция по установке новой клети блюминга на старые плитовины, находившиеся в эксплуатации с 1948 г. и имевшие износ в отдельных точках до 7 мм. В течение 48 ч с помощью металлокомпозитных материалов была восстановлена поверхность опорной площади плитовин и выполнена их защита от дальнейшего изнашивания.

Выполняли эту операцию следующим образом. После зачистки изношенной поверхности на плитовины наплавили контрольные полоски, обработанные ручными шлифовальными машинками. На эти полоски выставили клеть, затем ее приподняли гидродомкратами, на изношенную поверхность плитовин нанесли с избытком металлокомпозитный материал, клеть опустили на контрольные полоски и затянули с помощью болтов. Таким способом был образован идеальный контакт станины клети с плитовиной, при котором удельные нагрузки в любой точке контактной поверхности

оказались минимально возможными для данного соединения.

Во время эксплуатации этой клети не возникало необходимости в подтяжке болтов ее крепления, что свидетельствует, прежде всего, об идеальной установке клети на плоскость плитовин.

После девяти лет эксплуатации ситуация остается стабильной: металлокомпозит надежно изолирует рабочую поверхность плитовин от воздействия воды, а следовательно исключает коррозию, а также демптирует ударные нагрузки, которые от валков передаются на опорные поверхности станины.

Аналогичная технология была использована и при восстановлении проектных размеров прокатных клетей на прокатных станах 3000 и 1700 ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича». Станины прокатных клетей имели износ по поверхности контакта с защитными (лицевыми) планками, достигавший в отдельных случаях 10–13 мм. Этот износ был компенсирован слоем металлокомпозитного материала. Причем выставить в проектное положение защитные планки в двух плоскостях — вертикальной и горизонтальной — стало значительно легче. Четырехлетний срок эксплуатации восстановленных станин стана 1700 и трехлетний — стана 3000 показал, что предложенная технология оправдывает ожидания и дает значительный экономический выигрыш в сравнении с применявшейся ранее наплавкой изношенных мест и последующей обработкой специальными переустановляемыми фрезерными станками.

Результаты наблюдений за работой модернизированных клетей стана 3000 позволяют отметить, что снизились динамические нагрузки, действующие на клети во время прокатки; обеспечена стабильность прокатки листа толщиной до 6 мм; исключена серповидность полосы; обеспечена стабильность геометрических параметров листа; на 25–30% снизились затраты времени на текущие ремонты за счет исключения снятия лицевых планок, проемов и установки подкладок, компенсирующих износ станины; во время текущих ремонтов не возникло необходимости в подтяжке болтов крепления планок, что свидетельствует об отсутствии износа станины и слоя полимерного материала.

Использование металлокомпозитного материала в качестве прокладки между

станиной и лицевыми планками позволило герметизировать зазор между ними, исключив попадание в него воды и появление коррозии на опорной поверхности станины, демпфировать ударные нагрузки, уменьшить удельные нагрузки на опорную площадку станины путем создания максимальной площади контакта между лицевой планкой и этой площадкой в период, предшествующий полимеризации используемого материала.

За 12 лет работы в этой области накопилось достаточно много различных технологических разработок. Это — восстановление изношенных шеек эджерных прокатных валков трубопрокатного стана, которые нельзя было подвергать наплавке из-за специфических свойств применяемых сталей; ремонт нефте- и бензоналивных емкостей, когда сварку нельзя выполнять по условиям пожарной безопасности; успешные опыты установки штифтов на металлополимерный материал в конструкции составного маховика диаметром 8500 мм пильгерстана трубопрокатного цеха Нижнеднепровского трубного завода и т. д.

Зарубежный опыт подтверждает эффективное использование металлополимерных материалов в судоремонтном и литейном производстве, автомобилестроении и станкостроении, но наиболее впечатляющим примером, перекликающимся с отечественным опытом восстановления станин прокатных станов, служит применение этих материалов в качестве нивелирующего, герметизирующего и демпфирующего слоя между элементами мостовых сооружений в месте, где пролет моста контактирует с опорами. Это подтверждает эффективная работа такого слоя в течение 10 лет в конструкции южного моста (Зюйдбрюкке) в Кельне (ФРГ).

Однако наибольший эффект от внедрения описанных технологий восстановления промышленного оборудования может быть получен при комплексном подходе, включающем использование сварочных технологий. Это позволит создавать новые конкурентоспособные технические решения при ремонтно-восстановительных работах в тяжелой промышленности и, в частности, в металлургии.

● #498

## Высокоэффективные технологии получения сварных соединений деталей газотурбинных двигателей

(Окончание. Начало на стр. 6–7)

Рис. 3.  
Трехступенчатый ротор  
с близкими  
ступенями

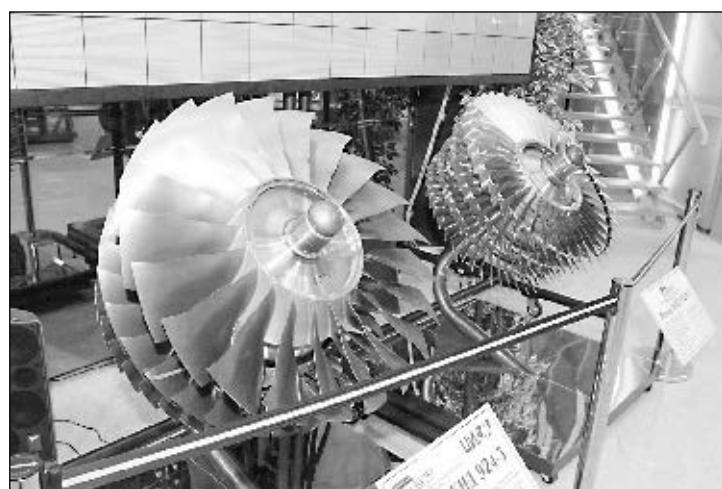
Наплавляемый слой составляет 6 мм при толщине стенки ротора 4 мм. Присадочный материал — ХН60ВТ (ВЖ98). Восстановление гребешков лабиринтных уплотнений проводили без разборки ротора, с соблюдением

жестких требований к его геометрическим размерам, уровню остаточных напряжений и качеству окончательно обработанных рабочих поверхностей, без общей термообработки.

Одной из тенденций в авиационном двигателестроении является применение рабочих моноколес (блисков), которые имеют существенные преимущества по сравнению со сборными конструкциями (рис. 3). Вместе с тем возникает проблема с ремонтом моноколес. Современные технологии предлагают в зависимости от расположения и размеров дефектов различные способы ремонта: методами аргонодуговой, электронно-лучевой и лазерной сварки, а также возвратно-поступательной сварки трением.

На ФГУП «ММПП «Салют» разработана прогрессивная технология восстановления лопаток моноколес электронно-лучевой сваркой. Поврежденную часть лопатки удаляют механическим путем, изготавливают заготовку ответной части лопатки, приваривают ее электронным лучом, затем проводят термическую отработку и окончательную механическую обработку отремонтированной лопатки.

● #496



# Восстановление ковшей карьерных экскаваторов дуговой наплавкой самозащитными проволоками

**Ю. М. Кусков, И. А. Кондратьев, канд. техн. наук, А. Г. Богаченко, д-р техн. наук,  
ИЭС им. Е. О. Патона, А. П. Кулиш, И. А. Чирков, А. В. Байда, ДП «КривбассТехМаш» (Кривой Рог),  
И. Л. Крамов, Д. М. Косолапов, А. Ю. Малий, ЮГОК (Кривой Рог)**

**Криворожский бассейн является основным поставщиком** железной руды в Украине. В год здесь добывают только открытым способом более 100 млн. т руды. Один из крупнейших горно-обогатительных комбинатов (ГОК), занятых разработкой и обогащением руд, — Южный комбинат (ЮГОК). Ежегодный объем производства и переработки руды на нем составляет около 20 млн. т.

Породы, перерабатываемые на ЮГОКе, отличаются как по содержанию руды, так и по твердости минералов. Большая часть руды — это красный железняк, в котором железо находится в форме гематита ( $Fe_2O_3$ ). Руда содержит 55–65% Fe и до 10%  $SiO_2$  и представляет собой обогащенные железом кварциты с повышенной абразивной способностью. Условия эксплуатации экскаваторов (ЭКГ-5, ЭКГ-8 и ЭКГ-10) значительно усложняются при переработке крупных кусков руды, так как процесс сопровождается повышенными ударными нагрузками. Вследствие этого срок службы ковшей ограничивается 3–4 мес.

При ударно-абразивном изнашивании наилучшую стойкость показывает сталь 110Г13Л. Ее применяют для изготовления как зубьев ковшей, так и самих ковшей. Зубья ковшей — это сменный породоразрушающий инструмент. На ЮГОКе их не реставрируют, а периодически в процессе эксплуатации заменяют новыми литыми.

Ковши — это биметаллические изделия, переднюю стенку которых делают из стали 11013Л, соединенной при помощи сварки примерно на уровне половины высоты ковша с верхней его частью, изготовленной из конструкционной стали Ст3, стали 45 и т. п. Обе эти части образуют объем ковша, ограниченный сменной задней стенкой.

В настоящее время на ЮГОКе эксплуатируют экскаваторы с ковшами вместимостью 5 (13 шт.), 8 (20 шт.) и 10 м<sup>3</sup> (13 шт.). Сложные условия работы и проблемы, свя-

занные с доставкой изношенных ковшей (ковш вместимостью 8 м<sup>3</sup> имеет массу около 15 т) на поверхность карьера, приводят не только к их быстрому износу, но и доведению до состояния, когда ремонт осуществить либо совсем невозможно, либо выполнение восстановительных работ связано с большими техническими трудностями, причем решение этой проблемы настолько сложно и трудоемко, что опыт выполнения таких ремонтных работ на всех ГОКах практически отсутствует. В большинстве случаев в карьерных ковшах восстанавливают лишь зубья методами дуговой или электрошлаковой наплавки либо индукционной наплавкой.

Специальных исследований по расходу марганцовистой стали ковшей при их эксплуатации не выполняли, но исходя из оценок расхода зубьев ковшей экскаватора ЭКГ-8И следует, что при производстве основных горных работ используют лишь 10–12% металла зубьев (изнашиваемая часть) при массе одного зуба примерно 200 кг, а остальные 88–90% отправляют в металлолом. Если учесть, что передняя стенка такого ковша имеет массу примерно 4,5 т, а износ соответствует данным, полученным для изношенных зубьев, то расход марганцовистой стали при эксплуатации ковша составит около 0,5 т; остальная часть, если ее не восстановить, будет идти на переплав. При этом следует отметить, что стоимость нового ковша равна примерно 100–120 тыс. грн, а в случае поставки из России цена возрастает до 450 тыс. грн. Таким образом, задача восстановления ковшей карьерных экскаваторов имеет большое народнохозяйственное значение.

Решение этой задачи было предложено сотрудниками ИЭС им. Е. О. Патона и фирмы «КривбассТехМаш» в содружестве с работниками ЮГОКа.

*Поступал схорнера. Опыт растет прямо пропорционально выведенному из строя оборудования.*



Прежде всего, была выполнена оценка изнашиваемости различных частей ковша. Практически таких частей оказалось четыре (рис. 1). Наиболее сильно изнашиваются зоны, расположенные между зубьями ковша. В результате эксплуатации они принимают вогнутую форму с глубиной углубления в тело передней стенки от 100 до 200 мм в зависимости от времени эксплуатации и твердости перерабатываемых руд. На рис. 2 показаны эти зоны после двухнедельной эксплуатации ковшей. Износу подвержены также боковая и нижняя части передней стенки с явно выраженным локальным износом в зоне сварки передней стенки с верхней частью ковша. При этом толщина стенки может уменьшаться в два раза и более, а в зоне локального изнашивания износ может составлять 200 мм и более. Значительно изнашивается пятка, расположенная снизу задней части передней стенки (на рис. 1 не видна). Причем в результате длительной эксплуатации пятка может истираться практически полностью.

Технически и экономически наиболее перспективно восстанавливать изношенные части ковшей методом полуавтоматической дуговой наплавки самозащитными порошковыми проволоками. Для данных условий эксплуатации в качестве наплавочной проволоки наиболее подходит разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона самозащитная порошковая проволока ПП-АН105. Металл, наплавленный этой проволокой, по содержанию марганца соответствует стали 110Г13, но обладает более высокими механическими свойствами. При соблюдении разработанной технологии возможно наплавлять слои толщиной до 30 мм без трещин в наплавленном металле либо отколов в зоне сплавления основного и наплавленного металлов. Достоинством такой наплавки является то, что не требуется предварительный и сопутствующий подогрев.

Ремонт рассмотренных выше зон выполняют по отличающимся технологиям. В частности, при значительном износе ковша предусматривается использование дополнительных вставок, облицованных металлом, наплавленным проволокой ПП-АН105, причем соотношение толщин данных металлов выдерживают в строго определенных границах. В некоторых зонах рекомендовано применять не сплошную наплавку, а в виде отдельных несущих полос либо путем нанесения упрочняющих швов в виде сетки определенных размеров.

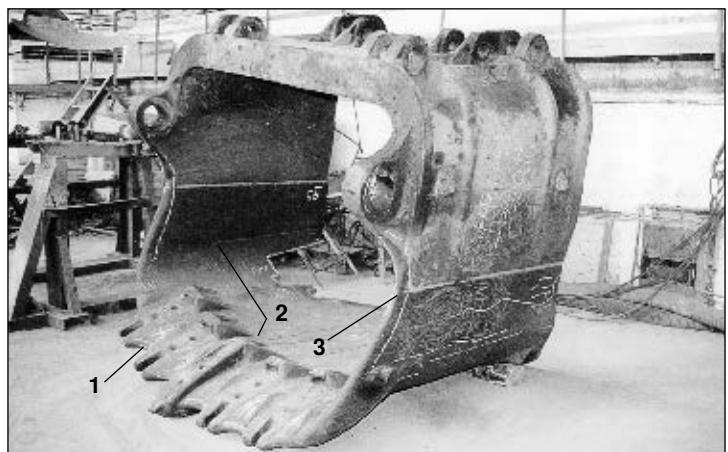
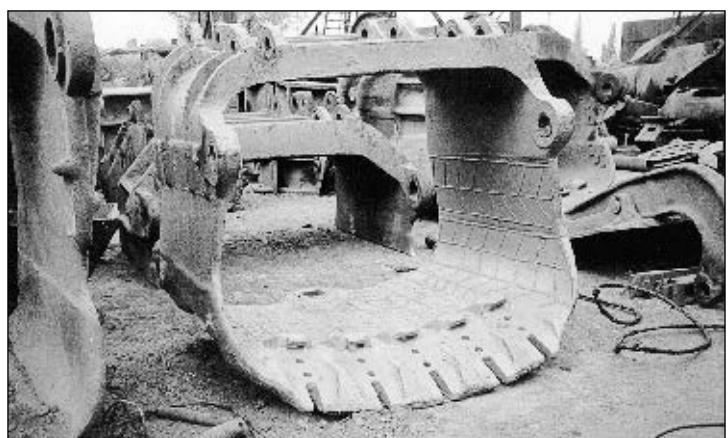


Рис. 1. Изношенный ковш вместимостью 5 м<sup>3</sup> (зубья ковша сняты): 1 — зона износа передней стенки, расположенная между зубьями ковша; 2 — боковая и нижняя зоны износа передней стенки; 3 — зона локального износа в месте соединения нижней и верхней частей ковша



Рис. 2.  
Зоны износа  
передней  
стенки ковша  
в местах  
установки  
зубьев  
после двух-  
недельной  
эксплуатации



В настоящее время по данной технологии ДП «КривбассТехМаш» восстановлено несколько ковшей вместимостью 5, 8 и 10 м<sup>3</sup>, которые при эксплуатации показали хорошую работоспособность (рис. 3).

Предложенная технология ремонта ковшей методом дуговой полуавтоматической наплавки порошковой проволокой ПП-АН105 позволяет производить многоразовое восстановление изношенных зон без снижения их несущей способности и значительно повышать ресурс эксплуатации. • #499

Рис. 3. Ковш  
вместимо-  
стью 5 м<sup>3</sup>  
после вос-  
становления



**Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 261-0839. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.**

**Как осуществляется хранение, проверка качества сварочных материалов и подготовка к передаче их на монтажные площадки?**

**Л. А. Довгополова (ДнепроДзержинск),  
Н. П. Крючкова (Тюмень)**

Электроды и сварочная проволока, поступающие на монтажные площадки, должны быть подготовлены к выполнению сварочных работ. Электроды и проволоку складируют по маркам, диаметру и партиям на стеллажах; при этом проверяют бирки на мотках проволоки, этикетки на пачках электродов, а также сертификаты на соответствие их требованиям стандартов и технических условий. Контролируют качество поверхности проволоки — отсутствие или наличие ржавчины, масла, графитовой смазки. Проверка электродов состоит из оценки состояния поверхности (отсутствие

трещин, вздутий, наплы whole и отколов в покрытиях); проверяют также концентричность покрытий и отсутствие ржавчины на торцах электродов. Электроды перед сваркой прокаливают в печи и проводят испытания сварочно-технологических свойств, после чего электроды и сварочную проволоку выдают сварщикам.

Следует помнить, что применять сварочные материалы без бирок и этикеток категорически запрещается. Бирка на мотке проволоки не должна сниматься до полного использования проволоки.

Хранение электродов должно осуществляться в сухом отапливаемом помещении с температурой не менее 15 °C. Электроды и проволоку следует хранить отдельно от других материалов. В кладовой для хранения сварочных материалов, кроме стеллажей, устанавливается стол-верстак для распаковки, проверки и сортировки электродов и проволоки; прокалочные печи на температуру до 450 °C и сушильные шкафы с температурой 60–100 °C для хранения электродов после прокалки.

Особо ответственной операцией подготовки электродов является прокалка, которую следует проводить в соответствии с режимами, указанными на этикетках. Таблицу с режимами прокалки электродов лучше располагать у прокалочных печей. Прокалка электродов может производиться не более 3 раз.

Сварочно-технологические свойства проверяют для определения поведения электродов при возбуждении и горении дуги, для выявления чувствительности наплавленного металла к образованию трещин и надрывов, пор и шлаковых включений.

Для проверки сварочно-технологических свойств электродов ГОСТ 9466-75 предусматривает сварку одного односто-

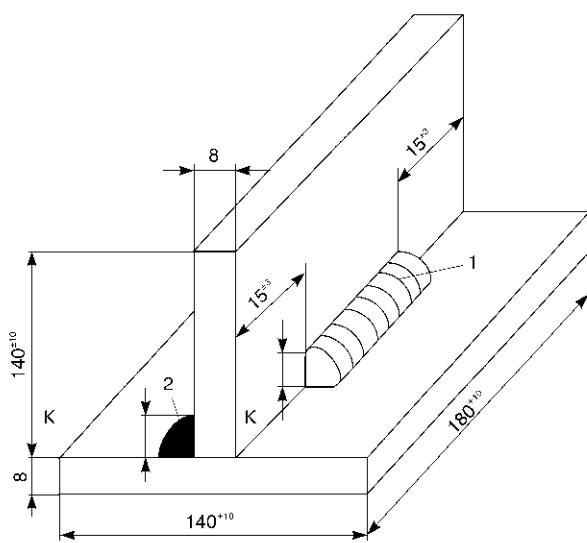


Рис. 1. Тавровый образец для проверки сварочно-технологических свойств: 1 — контрольный сварной шов; 2 — сварной шов, обеспечивающий жесткость образца (выполняется только на двустороннем тавровом образце)

роннего таврового образца и одного двустороннего образца (рис. 1, таблица). На двустороннем тавровом образце проверяют склонность швов к образованию трещин. При проверке электродов, предназначенные для сварки труб, вместо одностороннего таврового образца сваривают в неповоротном положении два отрезка труб с наружным диаметром 108–133 мм и толщиной стенки 8–10 мм.

Угловые швы тавровых образцов сваривают в потолочном положении за один проход. При сварке двустороннего таврового образца оба угловых шва выполняют в одном направлении, не допуская охлаждения образца. Сварку контрольного шва производят после выполнения шва, обеспечивающего жесткость образца.

Сплошность углового шва одностороннего таврового образца с оценкой размеров и количества внутренних газовых и шлаковых включений проверяют после разрушения образца осмотром поверхностей излома. Проверку сплошностей стыкового шва трубного сварного образца производят радиографическим методом или послойной проточкой шва.

Качество углового шва двустороннего таврового образца (склонность к образованию трещин) проверяют на трех поперечных шлифах, вырезанных из середины и с концов контролируемого шва.

Проверку склонности наплавленного металла к трещинам, например, для высоколегированных аустенитных электродов проводят следующим методом. На поверхность пластины из аустенитной стали 08Х18Н10Т в нижнем положении осуществляют пятислойную наплавку, причем каждый последующий слой наплавляется в горячем состоянии сразу после удаления шлака. Кратеры наплавок не завариваются.

Наличие трещин проверяют в процессе наплавки путем осмотра поверхности каждого наплавленного валика и кратера через лупу 7–10-кратного увеличения и путем осмотра 4 темплетов, изготовленных из наплавок и проплавленных любым реактивом, выявляющим макроструктуру. Браковочным признаком является наличие трещин, обнаруженных хотя бы на одной пробе. Сварочные материалы (электроды и проволока), предназначенные для сварки коррозионностойких аустенитных сталей, подвергают также испытанию на содержание ферритной фазы в наплавленном металле.

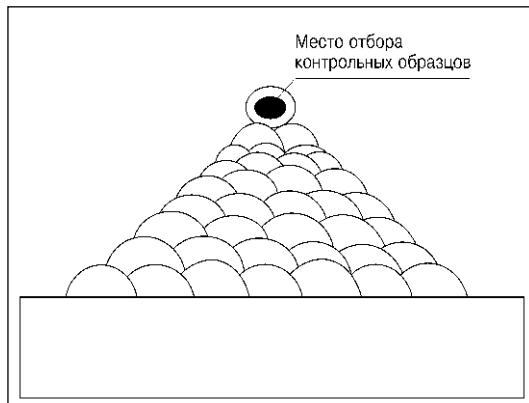


Рис. 2.  
Схема  
наплавки для  
определения  
ферритной  
фазы

Таблица. Размеры сварных тавровых образцов

Диаметр проверяемых электродов, мм	Толщина пластин, мм	Катет K шва, мм
3	6–10	4–5
4	10–16	6–8
5	14–20	8–10

Определение содержания ферритной фазы в металле, наплавленном электродами или проволокой, проводят объемным магнитным методом с использованием ферритометров.

Для проведения испытания на пластину из стали 12Х18Н10Т (08Х18Н10Т) размером 160×80×15 мм производят семислойную или пятислойную наплавку в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2. Наплавку выполняют для каждой партии электродов или сварочной проволоки. При наплавке следует соблюдать правила сварки аустенитных коррозионностойких сталей (сварка на пониженном токе, минимальные поперечные колебания торца электрода, охлаждение наплавленного металла до 100 °С перед наложением последующего валика).

Для определения ферритной фазы из двух верхних слоев наплавки изготавливают два контрольных образца длиной ( $60\pm1$ ) мм и диаметром ( $5,0\pm0,1$ ) мм. На практике ферритную фазу в наплавленном металле определяют только для сварочной проволоки. Для электродов пользуются данными, указанными в сертификате на электроды, хотя иногда требуются и дополнительные проверки.

Электроды и проволоку для сварки коррозионностойких аустенитных сталей проверяют, кроме того, на склонность к межкристаллитной коррозии по методу АМ (ГОСТ 6033–80) без провоцирующего нагрева.

• #500

Аксиома Кана. Если ничего другое не помогает, прочтите, наконец, инструкцию!!!





# Электролитно-плазменная обработка поверхности сварочной проволоки

## Часть 2

*Н. М. Воропай, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины*

Проволока Св-БРАМц9-2 в исходном состоянии обычно покрыта толстым слоем оксида алюминия, и ее контактное сопротивление достаточно велико — 580–600 кОм. ЭЛПО снижает величину контактного сопротивления примерно в 70 раз. При этом поверхность проволоки после ЭЛПО не окисляется в течение длительного времени, а содержание остаточного водорода остается постоянным (в 1,5 раза ниже, чем у проволоки в исходном состоянии).

**Оборудование для электролитно-плазменной обработки.** Для этого используют двухнитевую установку ЭП-145.

### Техническая характеристика:

Потребляемая мощность, кВт . . . . .	≤60
Вместимость бака электролита (орттофосфорной кислоты плотностью 1,5–1,6 т/м <sup>3</sup> ), м <sup>3</sup> . . . . .	0,3
Скорость обработки проволоки, м/с. 0,5–1,0	
Сила тока, А . . . . .	400–500
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	≤6,0
Производительность для проволоки диаметром 2 мм, кг/ч . . . . .	168
Диаметр проволоки, мм . . . . .	1,2–3,0
Габаритные размеры, м . . . . .	10×4×1,8

Установка включает размоточное устройство, противообрывное устройство, правильные ролики, электролитную ячейку, устройство электроконтактной сушки, намоточное устройство, теплообменник, систему циркуляции электролита, шкаф и пульт управления, источник питания. Основной опе-

рацией данной технологии является электролитно-плазменная обработка в ячейке с жидкостно-твердотельным токоподводом. Сущность данного процесса заключается в замыкании циркулирующим электролитом разрядного промежутка между электродом ячейки (катодом) и проволокой. На границе поверхности проволока—электролит возникают плазменные дуги, благодаря которым на высоких скоростях движения проходит качественная очистка проволоки.

Ячейка состоит из электролитной ванны, двух промывочных каналов, выфрезерованных в текстолитовом корпусе, и двух текстолитовых откидных крышек, герметизирующих ванну и каналы при работе установки. Ванна ячейки снабжена нержавеющим катодом с пустотелым токоподводом. В торцах ванны расположены карманы. В крышке ванны размещены четыре патрубка подачи воздуха для удаления с проволоки избытка кислоты.

Теплообменник предназначен для охлаждения электролита. Он размещен на двух опорах и снабжен патрубками для подачи и слива кислоты и воды. В рабочем режиме электролит циркулирует следующим образом. Насосом из бака ортофосфорная кислота подается в коллектор, а затем в приемный патрубок теплообменника. Через внутренний канал токоподвода электрода электролит поступает в ванну ячейки, омыает нити проволоки и через торцевые отверстия стекает в сливные камеры ячейки. Из последних по двум шлангам электролит самотеком поступает в бак. При сливе в бак струя электролита замыкает контакты реле заполнения циркуляционной системы, сигнализирующего о включении намоточного устройства. Охлаждающая вода подается в ванну промывки ячейки, в межтрубное пространство теплообменника охлаждения выпрямителя и устройство электроконтактной сушки. Напорные трубопроводы подачи воды в ванну промывки, теплообменник, выпрямитель и бак циркуляционной системы

Рисунок.  
Прибор  
ПДС-2М  
контроля  
качества  
сварочной  
проводки:  
1 — эталон-  
ный образец  
проводки;  
2 — контро-  
лируемая  
проводка;  
3 — датчик;  
4 — электрон-  
ный блок; 5 —  
самописец;  
6 — намо-  
точное  
устройство

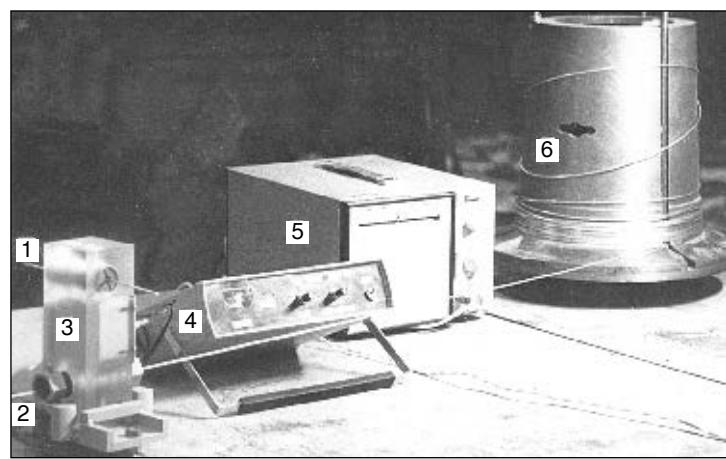


Таблица. Результаты контроля качества сварочной проволоки Св–Амгб прибором ПДС–2М

Но- мер обра- зца	Характер дефекта проводки	Контроль		Место расположения дефекта	Размеры дефектов по металло- графическому контролю, мм	
		Визуальный	Показания прибора, %		Длина залегания	Глубина залегания
1	Без дефектов	—	2,0	—	—	—
2	Оксидная пленка	Не обнаружены	30; 22	Внутри проволоки	16; 34	0,8; 0,5
3	Закат	—	75	—	80	1,2
4	Поры	—	20	—	0,3	0,5
5	Расслоение	Обнаружено	100	Внутри проволоки с выходом на поверхность	60	15
6	Риски	—	10; 25	На поверхности проволоки	25; 300	0,05; 0,45
7	Локальный перегрев	Язвы на поверхности	10	—	10	0,1
8	Уменьшение сечения	—	20	—	15	0,15
9	Увеличение сечения	—	15	—	10	0,10

Примечание. Образец 1 — сварочная проволока Св–Амгб диаметром 2,5 мм.

снабжены реле протока РПИ–20, отключающим установку при отсутствии воды. Электрооборудование установки состоит из силового трансформатора ТДФЖ–1002, выпрямителя, электродвигателя насоса, электродвигателя намоточного устройства, аппаратуры управления, регулирования, защиты, контроля и сигнализации.

Установку ЭП–145 для обработки поверхности сварочной проволоки применяют в Сумском машиностроительном производственном объединении. На этой установке производят подготовку поверхности различных марок стальной сварочной проволоки и сварочной проволоки из алюминиевых сплавов.

**Прибор ПДС–2М для контроля качества сварочной проволоки.** Дефекты металлургического происхождения (оксидные пленки, закаты, раковины, расслоения) сварочной проволоки приводят к недопустимым дефектам в металле шва. Непостоянство геометрических размеров по длине проволоки, овальность поперечного сечения и шероховатость поверхности вызывают изменения силы сварочного тока, что нарушает равномерность формирования швов.

Для обнаружения скрытых дефектов сварочной проволоки, в частности, из алюминиевых сплавов, при непрерывной ЭЛ–ПО разработан прибор ПДС–2М (*рисунок*), принцип действия которого состоит в сравнении электрических свойств контролируемой проволоки 2 с поверхностью такой же проволоки 1, не имеющей дефектов.

Конструктивно прибор выполнен из двух отдельных блоков: электронного блока 4 и датчика 3, соединенных между собой посредством двух коаксиальных кабелей с разъемами. Отклонение индикаторного прибора пропорционально величине контролируемого дефекта. Линейное движе-

ние проволоки обеспечивает намоточное устройство 6. Выходное напряжение подается на самопищущий прибор 5.

#### Техническая характеристика:

Точность определения глубины залегания дефектов, % от диаметра проволоки, не менее ..... 3

Скорость протяжки проволоки, м/с. 0,2–1,0

Диаметр контролируемой

проводок, мм ..... 1,2–4,0

Масса, кг: прибора ..... 1,5

датчика ..... 0,8

Габаритные размеры, мм ..... 255×215×65

Регистрирующим прибором служит стрелочный микровольтметр, расположенный на передней панели. В качестве исполнительного органа используют систему остановки протяжки проволоки, звуковой сигнал либо краскоотметчик. Промышленная проверка — контроль качества сварочной проволоки из алюминиевых сплавов на Южном машиностроительном заводе (Днепропетровск) — показала, что прибор четко фиксирует дефекты типа оксидных пленок и отклонения от геометрических размеров проволоки (*таблица*). В зависимости от характера, места расположения и размеров дефектов показания прибора находятся в пределах 5–100% шкалы. Последующий визуальный и металлографический контроль подтвердил качественную и количественную корреляцию между характером, размерами дефектов и значениями зарегистрированного показания прибора.

Возможность регулировки чувствительности и порога срабатывания прибора позволяет устанавливать в широких пределах величину минимально возможного дефекта. Прибор может работать как при электролитно-плазменной обработке поверхности сварочной проволоки, так и в составе автономного оборудования.

• #501

2-й закон Вышковского. Все можно наладить,  
если вертеть в руках достаточно долго.



# Зарубежное оборудование и технология объемной термообработки корпусного оборудования газопламенным нагревом изнутри

*П. М. Корольков, инж., ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» (Москва)*

При строительстве предприятий нефтеперерабатывающей, нефтехимической и газоперерабатывающей промышленностей, предприятий по производству минеральных удобрений, а также атомных электростанций сборку крупногабаритных сосудов давления и защитных оболочек производят непосредственно при монтаже из отдельных листов или блоков. При этом резко возрастает количество монтажных сварных соединений, вызывающих появление высокого уровня сварочных напряжений, зачастую достигающих предела текучести основного металла.

Такие конструкции имеют большую толщину стенок (более 30–40 мм), работают в коррозионно-опасной рабочей среде (жидкий аммиак, среда с высоким содержанием сероводорода и др.). Большинство сосудов давления (шаровые резервуары, цилиндрические аппараты), как правило, изготавливают из низкоуглеродистых (типа сталь 20) и низколегированных кремне-марганцевых (типа 09Г2С) сталей, имеющих в исходном состоянии (до сварки) высокий уровень пластических свойств, который необходимо восстановить в сдаваемых в эксплуатацию сварных конструкциях. Применение объемной (полной) термообработки таких конструкций обусловлено напряженным состоянием всей конструкции в связи с большой протяженностью сварных швов. В то же время на трубопроводах применяют местную термообработку непосредственно сварных соединений, расстояние между которыми чаще всего достигает 4–6 м.

Режимы объемной термообработки конкретных сварных сосудов давления в разных странах определяют требования нормативно-технической документации (НТД) этих стран.

Международный институт стандартов (ISO) совместно с Международным институтом сварки (МИС) рекомендовали термообработку по режиму высокого отпуска с

нагревом до 550–600 °С, чтобы не допустить разупрочнения металла сосудов. Это положение в основном соответствует требованиям НТД развитых промышленных стран. Научно-исследовательские институты различных отраслей промышленности в этих странах выпускают свои НТД по термообработке сварных конструкций. В США это коды ASME (Американское общество инженеров-механиков), раздел VIII, в Великобритании – стандарт BS 1515 (Британский стандарт), в Германии – DIN (Германский промышленный стандарт).

Объемную термообработку применяют главным образом для сварных шаровых резервуаров вместимостью 600–2800 м<sup>3</sup>, работающих в коррозионно-опасных средах (жидкий аммиак, продукты нефтепереработки и т. п.), технологических аппаратов газо-нефтеперерабатывающих заводов, цилиндрических емкостей для продуктов нефтепереработки и др. Особенно сложными являются процессы объемной термообработки крупногабаритных реакторов атомных электростанций (АЭС) и их противоаварийных оболочек.

В 1960–1970-х гг. за рубежом для объемной термообработки крупногабаритных сосудов давления и конструкций АЭС применяли радиационный нагрев электронагревателями сопротивления. Таким образом были выполнены:

- объемная термообработка парогенераторов (ФРГ) массой по 900 т, наружным диаметром 3,3 м и толщиной стенки 150 мм с использованием 320 электронагревателей сопротивления с двухсторонним нагревом;
- объемная термообработка корпуса реактора АЭС «Дэнженесс» (Англия) диаметром 156 м, высотой 16,7 м, толщиной стенки до 100 мм с использованием 840 электронагревателей единичной

**5-й закон Мэрии в машиностроении.** Если какая-нибудь часть машины может быть смонтирована неправильно, всегда найдется кто-нибудь, кто так и сделает.



мощностью 13,5 кВт (суммарная мощность 11 340 кВт).

Однако применение электронагревателей сопротивления для объемной термообработки крупногабаритных сосудов давления и конструкций АЭС требует большого расхода электроэнергии, значительных трудовых затрат и вызывает большие технологические трудности в части обеспечения равномерности нагрева различных зон термообрабатываемого оборудования. Более технологичным и экономичным для объемной термообработки оказался газопламенный нагрев изнутри. Разработчики оборудования и технологии для этого процесса — фирмы «Куперхит» (Англия), «Фофуми» (Франция) и «Чикаго Бридж энд Айрен» (США).

Принцип газопламенного нагрева изнутри при объемной термообработке заключается в установке в отверстиях термообрабатываемой конструкции мощных газопламенных горелок, тепловой поток от которых подается во внутреннюю полость. Предварительно в различных зонах наружной поверхности устанавливают термопары для контроля температуры и всю поверхность конструкции покрывают теплоизоляцией. В качестве горючей среды используют различные виды природного газа, газообразный пропан, керосин и дизельное топливо.

Фирма «Куперхит» разработала установку для объемной термообработки, использующую газообразный пропан (рис. 1, а). Установка состоит из цистерны 2 с пропаном, пульта управления 4, горелки 5, электроподогревателей 3 для ее подогрева, пульта контроля за температурой 6 и вентилятора 7. Горелки размещают в нескольких местах вертикально расположенной конструкции 1 (вверху, внизу, по высоте), что обеспечивает лучшие условия для получения равномерного нагрева.

Оборудование фирмы «Фофуми» (рис. 1, б), работающее на дизельном топливе, состоит из цистерны 10 с горючим на 3500 л, электронасоса 9 для подачи топлива, трех компрессоров 7 для накачки воздуха в баллон 8, контрольного щита 1 с манометром для измерения давления дизельного топлива и воздуха. В комплект установки также входят три горелки: основная 5, питающаяся смесью дизельного топлива и воздуха, а также контрольная 4 и вспомогательная 2. Пропан подают от батареи 6, состоящей из пяти пропановых баллонов.

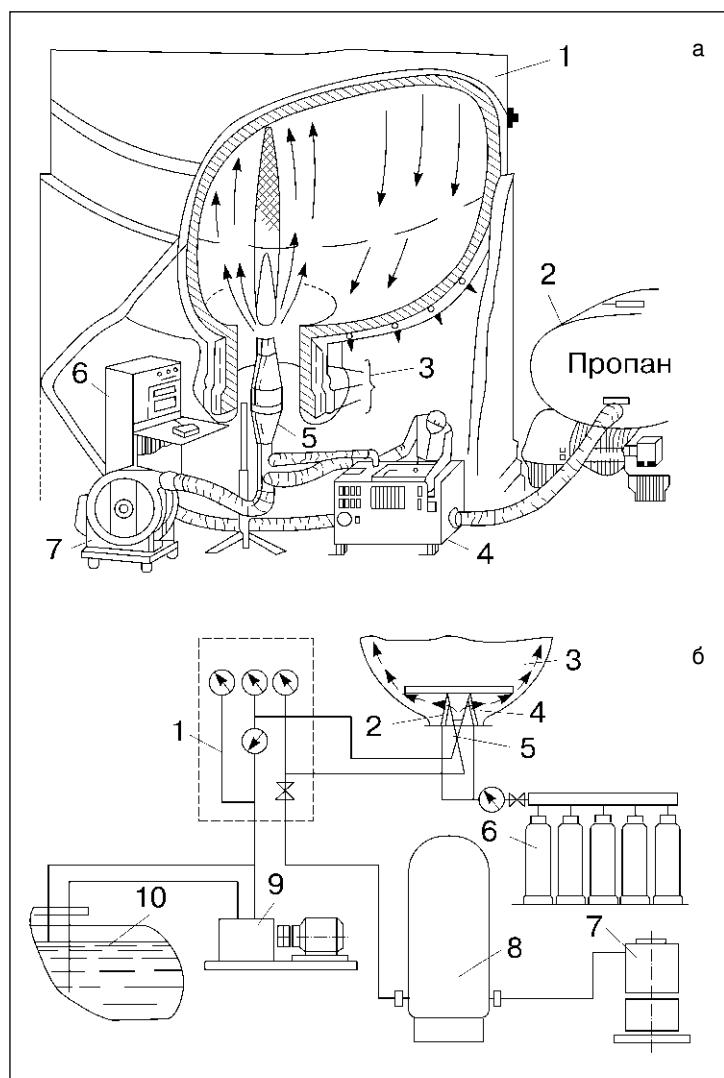


Рис. 1. Схемы оборудования для объемной термообработки газопламенным нагревом изнутри: а — фирма «Куперхит» (Англия): 1 — термообрабатываемая корпусная конструкция; 2 — цистерна с пропаном; 3 — электронагреватели для подогрева горелки; 4 — пульт управления; 5 — горелка; 6 — пульт контроля температуры; 7 — дутьевой вентилятор; б — фирма «Фофуми» (Франция): 1 — контрольный щит; 2 — вспомогательная горелка; 3 — термообрабатываемый шаровой резервуар; 4 — контрольная горелка; 5 — основная горелка; 6 — батарея пропановых баллонов; 7 — компрессоры; 8 — баллон для воздуха; 9 — электронасос; 10 — цистерна с дизельным топливом

При термообработке шарового резервуара 3 комплект горелок устанавливают у нижнего или верхнего отверстий оболочки резервуара. Нагревают основной горелкой, а две другие обеспечивают условия для ее бесперебойной работы (зажигание и поддержка пламени).

В США фирма «Чикаго Бридж энд Айрен» выполняет объемную термообработку крупногабаритных конструкций с использованием в качестве нагревательной среды продуктов сгорания, образующихся в теплогенераторе при смешении горючего и воздуха.

Рис. 2. Общий вид временных катковых устройств:  
 1 — стойка шарового резервуара; 2 — нижняя и верхняя плиты; 3 — ролики; 4 — укосина; 5 — измерительное устройство для замеров перемещений; 6 — указатель; 7 — нить; 8 — груз; 9 — измерительная линейка

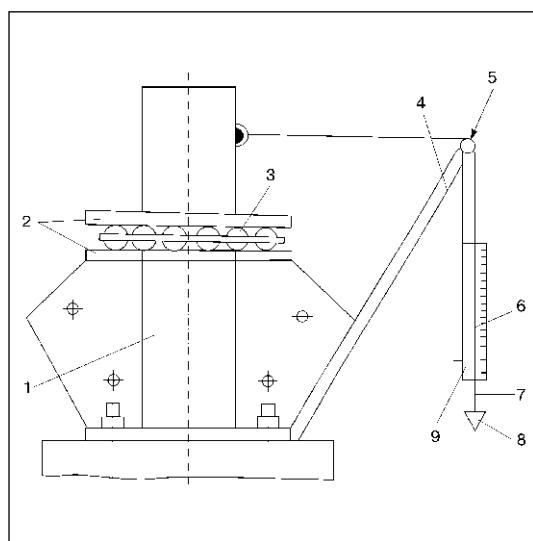


Рис. 3.  
 Схема термо-  
 обработки  
 вертикально  
 расположенных  
 цилиндрических  
 аппаратов:  
 1 — корпус;  
 2 — тепло-  
 изоляция;  
 3 — люк для  
 выхода отра-  
 ботанного теп-  
 леноносителя;  
 4 — насадка  
 для ввода  
 теплоносите-  
 ля; 5 — тепло-  
 генератор;  
 6 — венти-  
 лятор

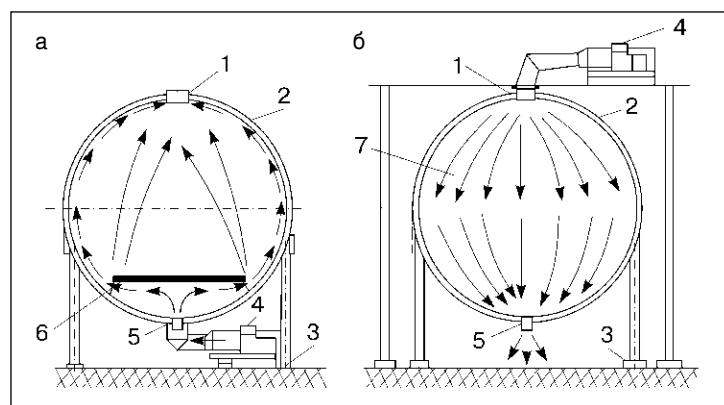
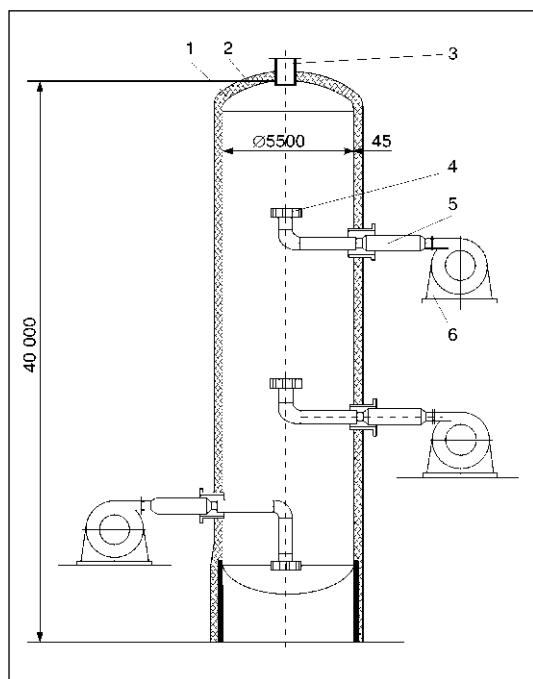


Рис. 4. Схемы подачи теплоносителя во внутреннюю полость шарового резервуара: а — через нижний штуцер; б — через верхний штуцер (1 — верхний штуцер; 2 — оболочка резервуара; 3 — стойки резервуара; 4 — теплогенератор; 5 — нижний штуцер; 6 — дефлек-  
 тор; 7 — тепловой поток)

Основные технологические трудности при объемной термообработке с газопламенным нагревом изнутри возникают в связи с необходимостью учета значительного расширения термообрабатываемой конструкции в процессе нагрева и соответствующего уменьшения размеров в процессе остывания (примерно на 1,0–1,5%). Это вызывает появление значительных напряжений в местах крепления опор к корпусу термообрабатываемой конструкции и может привести к их отрыву. Во избежание этого в нижней части опорной конструкции на время термообработки устанавливают временные катковые устройства, ролики которых при нагреве и охлаждении создают условия для перемещения верхней части опоры и термообрабатываемого корпуса (рис. 2). Кроме того, значительные трудности возникают при обеспечении равномерного нагрева различных участков термообрабатываемой конструкции. При разработке технологии термообработки следует учитывать, что вследствие радиационного перемещения горячих потоков теплоносителя снизу вверх (конвективный поток) верхние участки конструкции нагреваются до более высокой температуры. Для равномерного нагрева используют несколько технологических приемов. Нагрев вертикально расположенных корпусных конструкций (технологических колонн и аппаратов на нефтеперерабатывающих и других заводах) производят через несколько отверстий, размещенных в различных местах по высоте корпуса (рис. 3).

Для жаровых резервуаров при подаче теплоносителя снизу вверх равномерность нагрева обеспечивают, регулируя распределение теплового потока специальными устройствами — дефлекторами (рис. 4, а). Более равномерный нагрев получают при подаче теплоносителя через верхние отверстия (люки) в шаровом резервуаре (рис. 4, б). Кроме того, для всех видов термообрабатываемых конструкций используют методику установки более толстого слоя теплоизоляции в местах нагрева до более низкой температуры или обеспечивают в этих местах дополнительный нагрев с помощью электронагревателей сопротивления.

Уникальную объемную термообработку противоаварийной оболочки АЭС в штате Флорида (США) с использованием газопламенного нагрева изнутри провела фирма «Чикаго Бридж энд Айрен». Стальная противоаварийная оболочка выполнена из

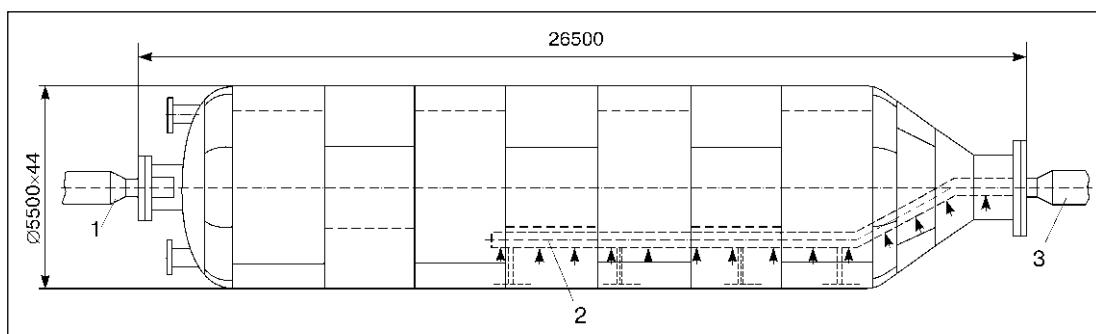


Рис. 5. Схема объемной термообработки коксования резервуара:  
1 — горелка;  
2 — воздушно-распределительная труба;  
3 — выхлопной патрубок

стали ASTM A 516 сорт 70 и имеет следующие технические данные: диаметр 42,7 м, высота 70,5 м, толщина стенки 50,8 мм, масса 4100 т. Термообработку по режиму высокого отпуска проводили с нагревом до 629 °С со скоростью 120 °С/ч, выдержкой в течение 220 мин и охлаждением в течение 42 ч. Нагрев выполняли восемью газопламенными керосиновыми горелками, четыре из них были установлены в днище оболочки, остальные — в средней части корпуса оболочки. Работу каждой горелки регулировали с контрольного пункта. Для контроля температуры были установлены 46 термопар. Весь цикл термообработки составил 99 ч.

Фирма «Куперхит» разработала технологию объемной термообработки цилиндрических тонкостенных резервуаров диаметром 42 м и высотой 18,8 м, с толщиной стенки крыши 6,5 мм, для хранения каустической соды. Для предотвращения прогиба крыши в процессе нагрева внутри резервуара создавали противодействующее повышенное давление. Нагрев выполняли десятью горелками, для контроля температуры использовали 300 термопар. Эта же фирма разработала технологию объемной термообработки горизонтально расположенных крупногабаритных цилиндрических резервуаров. В Англии проводили такую термообработку горизонтально расположенного резервуара массой 180 т, диаметром 6,9 м и длиной 16,2 м. Нагревали пятью горелками, расположенными по длине резервуара на одном из днищ, на другом днище устанавливали трубу для отсасывания отработанных газов. Фланцы резервуара дополнительно нагревали гибкими пальцевыми электронагревателями сопротивления.

В Румынии трест TMUCB-SA, выполняющий работы по монтажу предприятий химической промышленности, применял два вида оборудования для объемной термообработки газопламенным нагревом изнутри, используя природный газ и пропан.

Была выполнена объемная термообработка около 100 шаровых резервуаров вместимостью 600 и 2000 м<sup>3</sup>. Термообработку проводили на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности в Румынии, а также в арабских государствах, используя технологии подачи теплоносителя как через нижние, так и через верхние штуцера в оболочках резервуаров.

Фирма «Маннингс» (Англия) выполняет объемную термообработку шаровых резервуаров и других сосудов давления газопламенным нагревом изнутри, применяя горючие газы и дизельное топливо. Максимальная мощность нагрева 2342 кВт. Возможно регулирование цикла термообработки с использованием программатора Р 250.

Французская фирма SEPT (Европейское сообщество по подогреву для сварки и термообработки) для объемной термообработки сосудов давления газопламенным нагревом изнутри использует методику «кокун», при этом теплоносителем являются продукты сгорания горючего газа в смеси с воздухом в теплогенераторе.

Японская фирма «Джемико Констракшн» для объемной термообработки шаровых резервуаров и других технологических оболочковых конструкций применяет газопламенный нагрев изнутри, используя горелки «Аполло» мощностью 380 тыс. кДж/ч.

Фирма «Термопроцесс» (Германия) для объемной термообработки различных сосудов давления применяет вариант, при котором теплоноситель образуется при сгорании природного газа или пропана внутри горелки в струе воздуха, подаваемого с большой скоростью. Выход теплоносителя из горелки также происходит с большой скоростью (примерно 200 м/с), что обеспечивает большую тепловую мощность потока (12,6 млн. кДж/ч).

На рис. 5 показана схема нагрева при термообработке горизонтально расположенного резервуара.

*Следствие. Части, которые просто нельзя собрать неправильно, все же будут собраны неправильно.*

(Окончание на стр. 31)



# Свариваемость медных сплавов при шовной сварке трением

**К. Саволайнен, Ю. Мононен, Т. Саукконен, Х. Хеннинен**, Хельсинкский технологический университет (Финляндия), **Ё. Койвула**, Outokumpu Copper Oy, Пори (Финляндия)

Шовную сварку трением (ШСТ) применяют для соединения алюминия и его сплавов. Предпринимаются усилия расширить использование шовной сварки трением на более твердые материалы, которые гораздо труднее сваривать, например, медь, сталь, нержавеющую сталь, никелевые сплавы и титан. Применение ШСТ для соединения меди дает возможность использовать этот процесс при производстве сложных конструкций: магнитных резонаторов, теплообменных аппаратов, кондиционеров, охладителей металлургических печей, электродных стержней для электролиза, сверхпроводников.

Для определения оптимальных сварочных параметров, материала и геометрии сварочного инструмента, а также с целью развития теоретических представлений о факто-рах, влияющих на ШСТ меди и ее сплавов, проводили специальные исследования.

Выполняли сварку двухсторонних стыковых соединений пластин толщиной 10–11 мм при различных значениях скорости сварки и скорости вращения сварочного инструмента. Контролировали глубину по-

гружения, температуру сварочного инструмента и мощность шпинделя. Основные материалы: холоднокатаная электролитически очищенная бескислородная медь ( $\text{Cu}-\text{OF}$ ), горячекатаная фосфорнораскисленная медь с высоким содержанием остаточного фосфора ( $\text{Cd}-\text{DHP}$ ), алюминиевая бронза ( $\text{CuA15Zn5Sn}$ ), медно-никелевый сплав ( $\text{CuNi25}$ ). Все материалы, кроме  $\text{Cu}-\text{OF}$ , — твердые закаливаемые растворы. Изучали следующие материалы для сварочного инструмента: инструментальную сталь марки H13 (Uddeholm QRO 90 SUPREME), сплавы на никелевой основе IN738LC, IN939 и их комбинации IN738LCmod (90% IN739LC, 10% IN939), спеченные  $\text{TiC}:\text{Ni}:\text{W}$  (2:1:1) и горячепрессованный  $\text{TiC}:\text{Ni}:\text{Mo}$  (3:2:1), чистый вольфрам и поликристаллический кубический нитрид бора (PCBN). Геометрия сварочного инструмента была трехступенчатой с выступом 5,5 мм. Диаметры конца выступа, корня выступа и фланца были соответственно 6, 8 и 18 мм. Фланец имел вогнутую форму.

Для ШСТ использовали модернизированный фрезерный станок (TOS FGS 50T Plus). Сварочное устройство включало измерители мощности, температуры и скорости вращения сварочного инструмента, а также видеокамеру, чувствительную к близкой к инфракрасной части спектра электромагнитного излучения, воздушно-газо-

**Таблица 1. Параметры сварки выбранных швов**

Материал	Скорость вращения, об/мин	Скорость сварки, мм/мин
Cu–OF	1400	600
Cu–DHP	1000	200
Cu–DHP	1000	400
Cu–DHP	1125	225
CuAl5Zn5Sn	350	70
CuAl5Zn5Sn	500	100

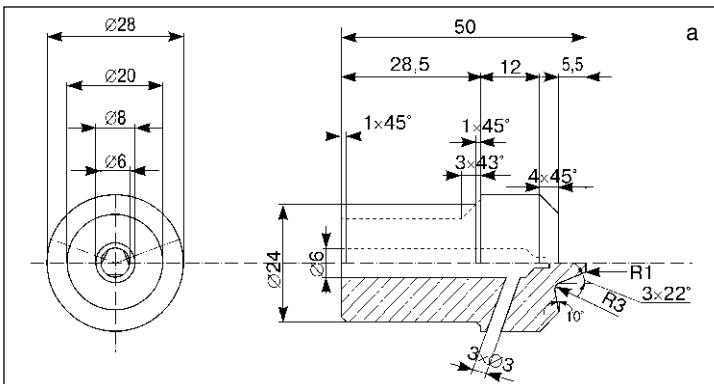


Рис. 1. Сварочный инструмент: а — чертеж (слева — вид с рабочего торца, справа — вид сбоку), б — внешний вид, материал IN738LC



Таблица 2. Матрица испытаний для Cu–OF

Скорость вращения инструмента, об/мин	Качество шва на Cu–OF				
	Хороший шов 300	Хороший шов 600	—	—	—
1400	Хороший шов 250	Очень малая полость 500	Малая полость 750	—	—
1120	Хороший шов 200	Хороший шов 400	Полость 600	—	—
900	Малая полость 150	Малая полость 300	Полость с выходом на поверхность 450	Полость с выходом на поверхность 600	Полость с выходом на поверхность 750
710	Полость 100	—	Полость с выходом на поверхность 300	Полость с выходом на поверхность 400	Полость с выходом на поверхность 500
450	Большая полость 50	Большая полость 100	Большая полость 150	Полость с выходом на поверхность 200	Полость с выходом на поверхность 250
355					

Таблица 3. Матрица испытаний для Cu–DHP

Скорость вращения инструмента, об/мин	Общая продольная подача за оборот, мм		
	0,2	0,4	0,6
1250	Очень малая полость 250	Большая полость и поверхностная трещина 500	—
1125	Хороший шов 225	Полость и поверхностная трещина 450	Отсутствие проплавления и полость с выходом на поверхность 675
1000	Хороший шов 200	Отсутствие сплавления, большая полость и поверхностная трещина 400	Отсутствие проплавления и большая полость 600
750	Малые полости, односторонний шов 150	Отсутствие сплавления и большая полость	—

Таблица 4. Матрица испытаний для CuAl5Zn5Sn

Скорость вращения инструмента, об/мин	Общая продольная подача за оборот, мм				
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
600	Очень малые полости 120	—	Очень малые полости 240	Полости 300	—
500	Очень малые полости 100	—	Полости 200	Большая полость, односторонний шов 250	—
450	Очень малые полости 90	Полости 135	—	Полость с выходом на поверхность, односторонний шов 200	—
400	Малые полости 80	Малые полости 120	Большая полость, односторонний шов 160	—	—
350	Малые полости 70	—	Полости 140	—	Полость с выходом на поверхность 210

Примечание к табл. 2–4. Числа в графах качества шва означают скорость сварки в мм/мин.

вый охладитель сварочного инструмента и фиксаторы. Сварочный инструмент (*рис. 1*) имел внутренние охлаждающие каналы. Для охлаждения обычно использовали воздух, а при выполнении некоторых швов — углекислый газ или аргон (для защиты сварочной ванны и для внутреннего охлаждения сварочного инструмента). Ождалось, что газовая защита понизит окисление поверхности сварочной ванны и предотвратит образование токсина MoO<sub>3</sub> (при использовании сварочного инструмента из TiC–NiMo). Пластины Cu–OF имели толщину 10 мм, а все остальные 11 мм. Сварку выполняли перпендикулярно к оси вращения. Сначала пластины сваривали с одной стороны, а затем после удаления заусениц — с другой. Глубина погружения на ли-

цевой стороне была равна 6,0 мм, на обратной — 6,1 мм. Значение скорости вращения устанавливали до сварки. Глубину погружения регулировали вручную по направлению оси Z. Длина тестируемых пластин была около 500 мм. Скорость сварки регулировали также вручную. Чтобы предотвратить большое давление на инструмент, скорость его движения увеличивали до заданной на дистанции около 20–50 мм.

Шесть швов (один на Cu–OF, три на Cu–DHP и два на CuAl5Zn5Sn), прошедших радиографический контроль, изучали, проводя испытания на поперечное растяжение, на твердость, на загиб в трех точках, с помощью сканирующего электронного микроскопа, дифракции обратных электронов и контроля содержания водорода (*табл. 1*).



**Закон Майерса.** Если факты не подтверждают теорию, то от них нужно избавиться.

**Качество сварки.** В табл. 2–4 приведены результаты испытаний при различных параметрах сварки. Качество шва оценивали как хорошее, если единственным дефектом было появление на нем оксида.

**Проба на загиб.** Пробу на загиб в трех точках выполняли, используя шаблон и поперечный загиб лицевой поверхности образца. Испытывали обе стороны шва. Толщина образца была такой же, как и толщина основного материала, расположенного рядом со сварным соединением (10–11 мм). Поверхности образцов были обработаны на станке, края образцов под напряжением были скруглены. Диаметр шаблона составлял 20 мм. Все образцы выдержали загиб на 180° без каких-либо признаков повреждения.

**Испытание на разрыв.** Испытание на поперечное растяжение выполняли, используя специальные образцы: измерительная база 32 мм, толщина 5 мм, ширина 6 мм. Скорость деформации была равна 0,0004 с<sup>-1</sup> с экстензометром и 0,0009 с<sup>-1</sup> после удаления экстензометра. Из каждого шва вырезали два образца. В табл. 5 приведены результаты испытаний.

Образцы из Cu–OF разрушались по металлу шва. Образцы из Cu–DHP и CuAl5Zn5Sn разрушались в зоне термического влияния (в области основного материала, но ни один образец не разрушился по шву). В образцах Cu–OF удлинение при разрыве выше, а напряжение разрыва и предел текучести в шве ниже по сравнению с основным материалом. В образцах

Cu–DHP и CuAl5Zn5Sn удлинение при разрыве немного ниже, а напряжение разрыва и предел текучести в шве выше по сравнению с основным материалом. ШСТ вызывает отпуск в образцах из Cu–OF, увеличивая пластичность, а также понижая твердость и прочность. В Cu–DHP и CuAl5Zn5Sn не происходит отпуск, но отличия в результатах вызваны мелкозернистостью шва.

**Профили твердости.** Профили твердости измеряли в центре шва. В швах на Cu–OF наблюдалось падение твердости в материале шва по сравнению с основным материалом. Швы на Cu–DHP не имели никаких изменений твердости, а в швах на CuAl5Zn5Sn была небольшая закалка по сравнению с основным материалом. Мелкозернистость швов на Cu–OF предполагала более высокую твердость по сравнению с основным материалом, но эффект закалки при холодной обработке основного материала превысил эффект от ШСТ. Различие в твердости видно по всей ширине образца, но только не в зоне сварки. Сплавы Cu–DHP и CuAl5Zn5Sn были в отожженном состоянии, поэтому влияние ШСТ на твердость было минимальным.

#### Свариваемость основных материалов.

В этом исследовании представляют интерес три фактора, влияющих на свариваемость меди и ее сплавов: динамическая рекристаллизация, напряжение пластического течения и водородное насыщение. Известно, что при ШСТ меди главный восстановительный процесс — это рекристаллизация, которая видна в шве (полностью рекристаллизован), а также в зоне термического влияния (частично рекристаллизованная зона). Динамическая рекристаллизация уменьшает напряжение пластического течения во время деформации при повышенной температуре. Напряжение пластического течения при сварочной температуре определяет свариваемость данного материала. Медь, содержащая кислород, склонна к водородному насыщению, и так как это является вредным свойством меди, важно учитывать возможную восприимчивость швов при ШСТ к водородному насыщению.

#### Дифракция обратных электронов.

Метод дифракции обратных электронов использовали для составления карт кристаллографической ориентации основных материалов и материала шва. С помощью компьютерной программы Channel 5 компании «HKL Technology» получали визуа-

**Таблица 5. Результаты испытания на поперечное растяжение**

Материал	Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %
Основа Cu–OF	292	298	13
Шов Cu–OF	128	217	38
Шов Cu–OF	120	217	38
Основа Cu–DHP	66	208	56
Шов Cu–DHP	103	216	50
Шов Cu–DHP	112	230	44
Шов Cu–DHP	109	215	47
Шов Cu–DHP	115	215	47
Шов Cu–DHP	108	215	50
Шов Cu–DHP	109	216	47
Основа CuAl5Zn5Sn	170	433	72
Шов CuAl5Zn5Sn	174	439	66
Шов CuAl5Zn5Sn	185	440	63
Шов CuAl5Zn5Sn	191	442	59
Шов CuAl5Zn5Sn	195	443	59
Основа CuNi25	190	351	47

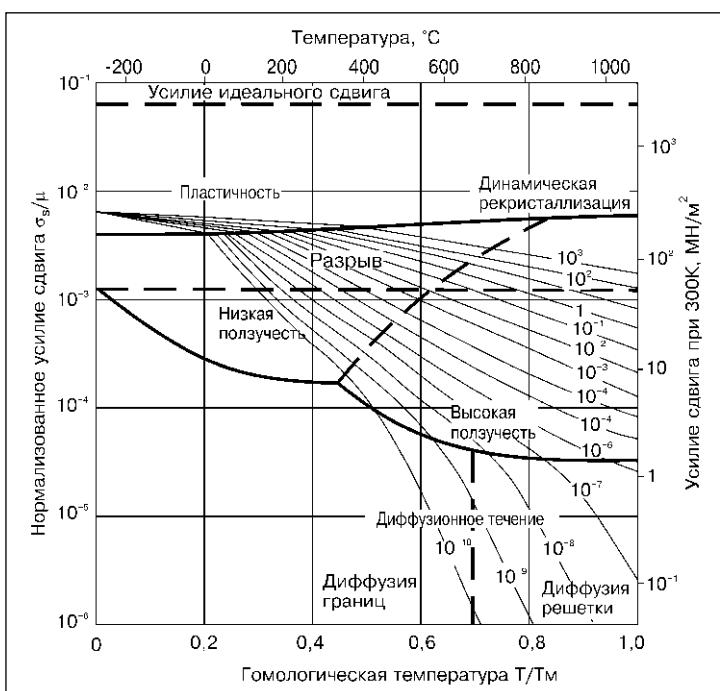
лизацию микроструктуры, определяли размеры зерна, количество двойниковых (S3,60°) и степень рекристаллизации кристаллографической ориентации. В табл. 6 приведены размеры зерна основных материалов и сварных точек. Средние размеры зерна измеряли, используя метод средних линейных горизонтальных и вертикальных отрезков, а также рассматривая двойные границы как границы зерна (EX+T) и игнорируя двойные границы (EX-T). Указан максимальный размер зерна  $X_{\max}$ , а минимальный не может быть достоверно определен при этом методе.

Программа анализа результатов, полученных методом дифракции обратных электронов, формирует парные карты ориентации кристаллов. Первая карта в каждой паре является картой ориентации с цветами, соответствующими кристаллографической ориентации каждой точки, определяемой углами Эйлера. Границы зерен отмечают черным цветом, нижние угловые границы (минимум 1,2°) — серым и двойные границы — желтым цветом. Доля двойных границ в общей длине границ зерна вычисляется. На второй карте вычисляют внутризеренные разориентации, вызванные дислокациями, и зерна классифицируют соответственно как деформированные (высокая плотность дислокаций), тонкоструктурные (нижние угловые границы внутри зерен) и рекристаллизованные (низкая плотность дислокаций, остальные угловые границы).

Чтобы подтвердить использование выбранных параметров, образец, показывающий значительное количество тонкоструктурных и деформированных фракций, отжигали при температуре рекристаллизации. Тонкоструктурная фракция оставалась почти неизменной, а деформированная преобразовывалась в рекристаллизованную фракцию. Из результатов исследований методом дифракции обратных электронов следует, что рекристаллизация встречается. Динамическая рекристаллизация является процессом восстановления, который имеет место при высокотемпературной обработке металла, например, при горячей прокатке, ковке и экструзии. Многие исследователи сообщали о рекристаллизации при ШСТ, особенно в металле шва, а также о том, что некоторые аспекты ШСТ могут быть сравнимы с экструзией и ковкой. При ШСТ температуру сварки оценивают в диапазоне 70–95% температу-

Таблица 6. Размеры зерна основного материала и сварной точки, мкм

Материал	Расположение	Направление	EX+T	EX-T	$X_{\max}$
OF	Основной металл	Горизонтальное	143	145	813
		Вертикальное	73	76	192
	Шов	Горизонтальное	15	22	96
		Вертикальное	15	20	114
DH	Основной металл	Горизонтальное	53	57	231
		Вертикальное	35	37	198
	Шов	Горизонтальное	21	24	177
		Вертикальное	18	20	135
CuAl5Zn5Sn	Основной металл	Горизонтальное	15	23	99
		Вертикальное	12	20	96
	Шов	Горизонтальное	15	18	111
		Вертикальное	12	15	87



ры плавления основного материала, и максимальная скорость деформации составляет около  $30 \text{ с}^{-1}$ . На рис. 2 показана карта механизма деформации меди. Видно, что температура, а также скорость деформации меди при ШСТ указывает на то, что динамическая рекристаллизация имеет место при ШСТ чистой меди. Динамическая рекристаллизация полезна, так как понижает предел текучести материала и делает его более пластичным, что также оказывает влияние на текстуру и размер зерна обрабатываемого материала, изменяя его свойства. Динамическая рекристаллизация зависит от температуры, деформации, напряжений и начальной микроструктуры. Включения увеличивают температуру рекристаллизации.

Рис. 2. Карта деформации чистой меди с размером зерна 0,1 мм ( $\sigma_s$  — усилие сдвига;  $\mu$  — модуль сдвига;  $T_m$  — температура плавления)



**Следствие 2.** Эксперимент можно считать удачным, если нужно отбросить не более 50% сделанных измерений, чтобы достичь соответствия с теорией.

**Предел текучести.** Из ранее выполненных исследований свариваемости нержавеющих сталей 304L и AL6XN известно, что предел текучести при температуре сварки является наилучшим параметром для оценки свариваемости металла при ШСТ.

В данной работе предел текучести определяли с помощью испытаний на горячее растяжение. Их выполняли для основных материалов. Производили такие же измерения геометрии образцов, как и при испытаниях поперечного растяжения швов. Скорость деформации была равна  $5\text{--}6\text{ см}^{-1}$ . Предел текучести основных материалов приведен в табл. 7. Значение при 95% температуры плавления было получено с помощью линейной экстраполяции. Предел текучести снижается при увеличении температуры, уменьшении скорости деформации и количества включений в металле сварного шва.

**Водородное насыщение.** Водородное насыщение является деструктивным явлением, которое приводит к ухудшению физических и механических свойств материала. Это имеет место, если нагревается содержащая кислород медь в атмосфере водорода. Водород диффундирует в металл и реагирует с кислородом, производя пар, остающийся в малых полостях в металле. Пар осаждается на границах зерен и вызывает пористость, а также межзеренное охрупчивание и растрескивание. Содержание кислорода в меди при ШСТ увеличивается, вызывая водородное насыщение меди. Восприимчивость швов к водороду оценивали испытаниями на водородное насыщение. Для этого образцы отжигали в водо-

родной атмосфере при температуре 850 °C в течение 1 ч. Водородное насыщение располагалось в захваченных частицах оксидов в швах на Cu–OF и Cu–DHP. Общий эффект водородного насыщения был низким, так как это явление локально.

На практике определяют допустимый уровень водородного насыщения. Более низкое значение водородного насыщения в швах на Cu–DHP по сравнению со швами на Cu–OF объясняют тем, что в медь добавлен фосфор. Не было обнаружено признаков водородного насыщения в швах на CuAl5Zn5Sn. Наличие оксидов способствуют водородному насыщению меди. Применение механической обработки соединяемых поверхностей перед сваркой, а также использование защитного газа может предотвратить водородное насыщение.

**Материал сварочного инструмента.** Известно, что хорошо обработанный механически выступ сварочного инструмента быстро покрывается медью, ограничивая таким образом эффект перемешивания. В данном исследовании торец выступа сварочного инструмента покрывали основным материалом, но ограничения эффекта перемешивания не отмечали. Вероятно, медь на торце выступа становится пластичной во время погружения или сварки. Кроме того, установлено, что для сварочного инструмента, изготовленного из исследованных материалов, нет необходимости иметь предварительное отверстие для начала сварки. В табл. 8 приведена оценка пригодности исследованных материалов для сварочного инструмента при ШСТ.

**Горячекатаная сталь H13** (Uddeholm QRO 90 SUPREME) подходит для шовной сварки трением меди Cu–OF и Cu–DHP. Но она не может быть рекомендована в производстве, так как ограничивает скорость сварки. Для ШСТ меди CuAl5Zn5Sn эта сталь не подходит. Можно предположить, что она не подходит и для ШСТ меди CuNi25.

Известно, что суперсплавы на никелевой основе IN738LC, IN738LCmod и IN939

**Таблица 7. Предел текучести, МПа, основных материалов при различных температурах**

Материал	20 °C	300 °C	500 °C	700 °C	900 °C	95% T <sub>m</sub>
Cu–OF	331	259	175	103	50	19 (1015 °C)
Cu–DHP	424	378	180	96	57	21 (1015 °C)
CuAl5Zn5Sn	914	717	454	231	85	37 (984 °C)
CuNi25	590	392	319	247	171	42 (1145 °C)

**Таблица 8. Пригодность исследованных материалов сварочного инструмента для ШСТ изучаемых основных материалов**

Материал сварочного инструмента	Cu–OF	Cu–DHP	CuAl5Zn5Sn	CuNi25
H13 (Uddeholm QRO 90 SUPREME)	Хорошая	Хорошая	Плохая	Очень плохая
IN738LC, IN738LCmod, IN939	Очень хорошая	Очень хорошая	Средняя	Очень плохая
Горячепрессованный TiC–NiMo	Очень плохая	Очень плохая	Очень плохая	Очень плохая
Спеченный TiC–NiW	Очень плохая	Очень плохая	Очень плохая	Очень плохая
Вольфрам	Хорошая	Хорошая	Плохая	Очень плохая

подходят для ШСТ меди Cu–OF и Cu–DHP, а для ШСТ меди CuAl5Zn5Sn и CuNi25 их рекомендуют.

Выступ сварочного инструмента из горячепрессованного TiC–NiMo был слишком хрупким. Параметры горячего прессования, вероятно, не были оптимальными. Сварочный инструмент имел очень малую пористость, но механические свойства были плохими. Кроме того, TiC разлагался и образовывал другое, менее твердое соединение. Использование спеченного TiC–NiW в качестве материала для сварочного инструмента не может быть рекомендовано, так как он слишком хрупкий. Он даже не годился для ШСТ меди Cu–OF. В то же время отмечено минимальное налипание меди на сварочном инструменте из TiC–NiW.

Для ШСТ меди Cu–OF и Cu–DHP чистый вольфрам относительно подходит, но не годится для сварки меди CuAl5Zn5Sn.

Инструменты из Megastir PCBN обеспечивали хорошие сварные швы на всех исследованных медных сплавах, включая

CuNi25. Однако была замечена большая хрупкость инструмента.

**Мощность шпинделя и измерение температуры сварочного инструмента.** Термоэлемент (К-типа) размещали внутри сварочного инструмента вблизи корня выступа и поддерживали в постоянном контакте с инструментом с помощью пружины. Полученные результаты не имели абсолютных значений, поскольку охлаждение инструмента влияло на показания. Мощность сварочной машины измеряли на инверторе, который питает мотор шпинделя. Реактивная мощность машины была около 1 кВ·А. Мощность шпинделя и температура сварочного инструмента имеют четкую корреляцию. Погружение сварочного инструмента дает возрастание температуры и мощности шпинделя. Переход от погружения к сварке характеризуется небольшим уменьшением, а затем увеличением температуры и мощности. Окончание сварки дает резкое уменьшение этих параметров. Подъем сварочного инструмента осуществляют при малой мощности шпинделя.

● #503



**Закон Милдта.** Если достаточно долго портить машину, она сломается.

## Зарубежное оборудование и технология объемной термообработки корпусного оборудования газопламенным нагревом изнутри

(Окончание. Начало на стр. 22–25)

женной коксовой камеры диаметром 5,5 м и длиной 26,5 м при двухстороннем подводе теплоносителя. Камера выполнена из стали 15Mo3 с плакировкой и имеет толщину стенки 44 мм. Температура высокого отпуска 600–610 °С, скорость нагрева 25 °С/ч. Контроль температуры осуществляют с помощью 31 термопары.

Многие из вышеперечисленных фирм выполняют работы по объемной термообработке сосудов давления по контракту в различных странах мира. Фирма «Маннингс» выполняла в Абу-Даби объемную термообработку с нагревом до 620 °С двух шаровых резервуаров диаметром 19 м с толщиной стенки 51 мм, массой 500 т. Нагрев проводили двумя горелками, установленными возле штуцеров в крышке и днище резервуара. В качестве топлива использовали жидкий пропан, расход которого

составил 28 т, контроль температуры выполняли с помощью 60 термопар. Переход температуры на поверхности резервуаров составил 15 °С.

В СССР первая объемная термообработка шарового резервуара вместимостью 2000 м<sup>3</sup> диаметром 15,6 м с толщиной стенки до 20 мм из стали SA 52/36 была проведена фирмой «Фофуми» (Франция) при строительстве Тольяттинского азотного завода. Термообработку по режиму высокого отпуска проводили с нагревом до 550–580 °С, со скоростью 60–80 °С/ч, выдержкой в течение 0,75 ч и последующим охлаждением до 315 °С со скоростью 30–40 °С/ч (далее скорость не ограничена). Аналогично проводили термообработку для двух шаровых резервуаров жидкого аммиака вместимостью 1000 и 2800 м<sup>3</sup> из стали SA 52/36 с толщиной стенки соответственно 42 и 20 мм на Горловском ПО «Стирол».

Объемная термообработка газопламенным нагревом изнутри позволяет снижать уровень сварочных напряжений и улучшать структуру металла сварных крупногабаритных конструкций, сборку которых можно производить только непосредственно при монтаже.

● #502



**Следствие Мербакова.** Если машина измортина – она сломается обязательно.

# Ультразвуковая сварка гибких вентиляционных труб из искусственных кож

**Н. П. Нестеренко, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины**

Безопасность работ и темпы проходки тупиковых выработок угольных шахт в значительной мере определяют эффективность и надежность систем их проветривания. Для этой цели широко применяют гибкие вентиляционные трубы диаметрами 0,5, 0,6 и 0,8 м с длиной звеньев 10 или 20 м из полимерных и комбинированных материалов. Они представляют собой рукав с одним или несколькими, в зависимости от диаметра трубы, продольными нахлесточными швейными швами, испытывающими во время эксплуатации нагрузки на сдвиг, величина которых согласно техническим требованиям должна быть не менее 1300 Н на 50 мм длины при прочности основного материала  $(2000 \pm 70)$  Н на 50 мм.

Гибкие шахтные вентиляционные трубы (ГШВТ) преимущественно изготавливают, сшивая ленточные заготовки строчным ниточным швом, что не удовлетворяет современным требованиям, предъявляемым к системам вентиляции. Основные недостатки ГШВТ со строчными швами — низкая прочность соединения и значительные утечки воздуха через него. Исследования показывают, что из общего баланса утечек воздуха на долю строчных швов приходится около 70%, на соединение звеньев — около 30%, через ткань — менее 1%. При этом коэффициенты утечек воздуха в условиях шахты в 1,5–2,5 раза превышают нормативные. Таким образом, изготовление ГШВТ путем замены строчных швов на сварные весьма актуально.

В ИЭС им. Е. О. Патона проведены работы по созданию технологии и оборудования для производства и ремонта ГШВТ со сварными продольными швами. В качестве материалов ГШВТ выбраны искусственные кожи следующих типов: трубный павинол; тканая трубная винилискожа; нетканая трубная облегченная винилискожа. Полимерное покрытие всех типов кож одинаковое — пластифицированный поливинилхлорид, а основа разная — соответственно хлопчатобумажный «чеффер», хлопковая и лавсановая.

Неразъемные соединения из искусственных кож можно получить путем сварки: нагретым инструментом, токами высокой

частоты (ТВЧ), инфракрасным излучением (ИК) или же с помощью ультразвука. Проведенные эксперименты показали, что при сварке нагретым инструментом из зоны соединения удаляется поливинилхлоридное покрытие, резко снижается его толщина, образуются области деструкции полимера, нарушается прочность шва вдоль его длины.

При сварке ИК-излучением (длина волны 3 мкм) в сварном соединении образуются зоны непровара или прожога, обусловленные различием коэффициента поглощения по длине шва, неконтролируемым изменением базового расстояния полотна от источника излучения, а также другими дестабилизирующими факторами: наличием конвективных потоков, скачками питающего напряжения, разнотолщинностью покрытия и т. п.

Таким образом, несмотря на некоторые преимущества сварки нагретым инструментом и ИК-излучением (простота, относительно малая металло- и энергоемкость, дешевизна), указанные способы не удовлетворяют основному требованию к сварному соединению — равнопрочности и герметичности по всей длине шва.

Основная трудность при сварке искусственных кож заключается в том, что в зоне шва развиваются такие температуры, которые приводят к термодеструкции ПВХ-покрытия и, как следствие, к снижению прочности соединения. Однако при использовании высокотемпературных источников нагрева можно сдвигать процессы термодеструкции в высокотемпературную область и тем самым избегать появления продуктов распада в области шва. С этой точки зрения наиболее подходящими способами сварки искусственных кож являются ультразвуковая сварка (УЗС) и сварка ТВЧ, характеризующиеся скоростью нагрева в 3–4 раза выше, чем скорость нагрева, при которой происходит разложение ПВХ-покрытия.

Проведенные исследования показали, что сварка ТВЧ обеспечивает получение качественных сварных соединений только при сварке искусственных кож без нату-

2-й закон Мэриоти в машиностроении. Любая труба при укорачивании до точного размера оказывается чрезсчур короткой.



ральной основы и при укладке заготовок по схеме «покрытие к покрытию». Дополнительные технологические приемы, повышающие качество соединений искусственных кож с односторонним покрытием и с натуральной основой, не получили практического распространения ввиду усложнения технологического процесса, низкой производительности и дополнительных экономических затрат.

УЗС имеет положительные преимущества перед другими способами сварки (возможность контроля и управления процессом, высокая производительность, локальность зоны разогрева и т. п.) и позволяет получать высококачественные соединения даже в том случае, когда в контакте находятся покрытие и нетермопластичная основа. Однако применение ультразвуковой сварки связано с рядом технологических и технических трудностей. В связи с этим целесообразно рассмотреть некоторые особенности данного способа сварки, определить степень влияния основных параметров режима на качество сварных соединений. Из всего многообразия искусственных кож ограничимся рассмотрением особенностей ультразвуковой сварки облегченной винилискожи и кож «Пластела».

Анализ зависимостей среднего значения разрывной нагрузки при испытании сварных соединений на сдвиг, полученных при различных значениях амплитуды колебаний и сварочного давления (рис. 1, а), термических циклов (рис. 1, б), а также зависимости нагрузки от амплитуды колебаний и времени сварки показывает следующее:

- при заданных амплитуде колебаний и времени  $t$  сварки повышение сварочного давления выше оптимального значения понижает прочность сварного соединения;
- при заданных амплитуде колебаний и сварочном давлении зависимость прочности шва экстремальным образом зависит от времени сварки;
- максимальная прочность сварных соединений достигается при использовании «мягких» режимов;
- прочность сварных соединений определяется совместным действием амплитуды колебаний волновода и сварочного давления;
- скорость нарастания температуры  $\theta$  в зоне сварки при использовании «мягкого» режима выше, чем при использовании интенсивного режима.

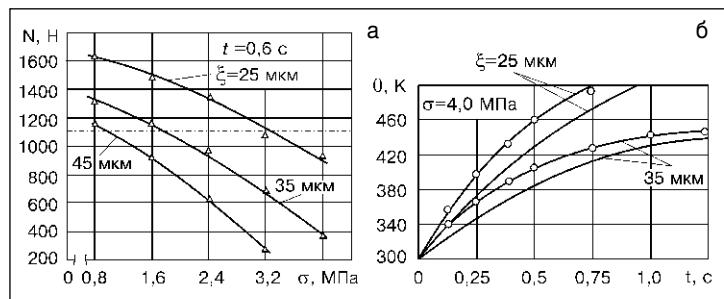


Рис. 1. Зависимость среднего значения разрывной нагрузки  $N$  сварных соединений при сдвиге от сварочного давления  $\sigma$  при различных амплитудах колебаний волновода  $\xi$  (а) и термические циклы при УЗС искусственных кож (б)

Таким образом, технологический процесс УЗС обеспечивает заданное качество сварных соединений при использовании «мягких» режимов сварки и оптимальном соотношении амплитуды колебаний и сварочного усилия.

Однако на прочность сварных соединений искусственных кож и стабильность их механических свойств большое влияние оказывает также и схема управления процессом. Из всех известных схем лучшие результаты достигаются при сварке в диапазоне минимальных скоростей спада мощности импульса ультразвуковых колебаний. При фиксированных остальных параметрах режима сварки это обеспечивает максимальную прочность сварных соединений и практически 100%-ную стабильность результатов сварки при разнотолщинности кож до 20%.

При УЗС искусственных кож типа «Пластел» хороших результатов достигают при сварке с ограничением толщины шва в пределах 0,75–0,85 от суммарной толщины покрытий. При этом в широком диапазоне варьирования основных параметров режима сварки прочность соединений на сдвиг составляет не менее 0,92, а на расслаивание — 0,6 от прочности искусственных кож на разрыв. При испытаниях соединений на расслаивание разрушение происходит путем отслаивания покрытия от основы.

Исходя из технологических особенностей УЗС искусственных кож фирма «Эн Эй Ти» (Киев) с участием специалистов ИЭС им. Е. О. Патона подготовила к серийному выпуску многофункциональную установку прессового типа, позволяющую изготавливать и производить ремонт ГШВТ в производственных условиях. Принцип конструкции установки — модульный, что позволяет эффективно решать разнообразные технологические зада-

**Закон Уатсона. Фарадейность оборудования**  
обратно пропорциональна числу и положению лиц, за ним наблюдающих.





*Закон силы Эйтона. Чем тратите силы, вользите молоток побольше.*

чи за счет возможности встраивания отдельных модулей в поточную автоматическую линию. Установка состоит из сварочного пресса, ультразвукового генератора, акустической головки, блока контроля и автоматического управления технологическим процессом (рис. 2). Выходная мощность установки составляет 2,0 кВт, рабочая частота — 20 кГц. Сварочный пресс предназначен для размещения основных элементов установки (механизма давления, акустической головки и опоры), создания сварочного давления, а также для крепления и позиционирования свариваемых полотнищ. Ультразвуковой генератор преобразует ток промышленной частоты в ток



Рис. 2.  
Общий вид  
сварочной  
установки

частотой 20 кГц. В данной модели установки в составе ультразвукового генератора находится источник питания акустической головки и система контроля и управления технологическим процессом сварки. Измерительная часть системы содержит два микропроцессора, которые в масштабе реального времени измеряют силу тока, напряжение, электрическую мощность, потребляемую акустической головкой, а также рабочую частоту. Акустическая головка предназначена для преобразования электрической энергии в энергию упругих колебаний и ввода ультразвуковых колебаний в свариваемые кожи. Она состоит из пьезоэлектрического преобразователя, съемных трансформатора упругих колебаний (бустера) и волновода (инструмента). Пьезопреобразователь собран на базе высококачественной пьезокерамики, что позволяет получать выходную мощность установки до 2 кВт. В зависимости от технологической задачи (типа кож и способа управления) установку комплектуют съемными бустерами с коэффициентом трансформации амплитуды колебаний 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5, а также съемными пластинчатыми волноводами длиной до 500 мм.

Установка обеспечивает пять основных режимов сварки: с заданным временем ввода ультразвуковых колебаний; с заданной энергией, вводимой в зону соединения; с ограничением толщины шва; с динамическим включением ультразвуковых колебаний; с использованием энергетического критерия управления технологическим процессом.

Применение системы управления не только дополняет традиционную технологию УЗС, но и обеспечивает: регистрацию и протоколирование каждой операции сварки; контроль качества сварных соединений определением отклонения от допустимых значений основных параметров режима сварки; сигнализацию аварийного состояния при превышении максимальной мощности генератора; учет электрических потерь в акустической головке после проковки; задание верхних и нижних пределов основных параметров режима сварки.

Разработанные технология и оборудование обеспечивают в шовно-шаговом режиме не менее 20 сварок в минуту и также могут быть использованы для изготовления и ремонта изделий и конструкций из искусственных кож широкой номенклатуры.

● #504

# Эффективное вентиляционное оборудование — составная часть промышленной технологии

При проведении сварочных работ в рабочем помещении выделяется множество вредных веществ, которые отрицательно воздействуют на организм человека и окружающую среду. Для удаления вредных веществ используют вытяжную или общеобменную вентиляцию. Однако такой способ удаления вредных веществ не всегда эффективен и связан с рядом существенных недостатков.

1. Разбавляя в рабочем помещении загрязненный воздух большим количеством приточного воздуха до допустимых концентраций, общеобменная вентиляция в зоне действия самого источника загрязнения малоэффективна. Исследованиями установлено, что при сварке стали Ст3 электродами УОНИ-13/45 в цеховых условиях концентрация сварочного аэрозоля на расстоянии 0,3 м от дуги до головы сварщика составляет 32 мг/м<sup>3</sup>, что в три раза превышает предельно допустимую концентрацию. Следовательно, сварщик постоянно находится в зоне максимальной концентрации сварочного аэрозоля.

2. При удалении загрязненного воздуха необходимо постоянное возмещение такого же количества воздуха, что требует больших энергетических затрат, связанных как с работой вентилятора, так и с необходимостью нагрева приточного воздуха.

В последние годы взамен малоэффективных и неэкономичных общеобменных вентиляционных систем для удаления и очистки загрязненного воздуха стали применять установки, совмещающие в себе вытяжной вентилятор, фильтры грубой и тонкой очистки от пыли и фильтр-адсорбер для очистки от газовых примесей. Качество очистки воздуха позволяет осуществлять его возврат в рабочее помещение. Современные конструкции дают возможность располагать местный отсос в непосредственной близости от места сварки и следовательно:

- улучшить условия труда работников;
- снизить выбросы вредных веществ в атмосферу;
- добиться существенной экономии тепловой и электрической энергии.

Для очистки воздуха от вредных выбросов, образующихся при проведении сварочных работ, ЗАО «Консар» выпускает два типа установок:

- передвижную фильтровентиляционную установку **ФВУ-1200**;
- стационарный фильтровентиляционный агрегат **ФВА-3500**.

Установка ФВУ-1200 конструктивно состоит из фильтра грубой очистки, электростатического фильтра и фильтра-адсорбера. Она оснащена шарнирно-поворотным устройством, которое вра-

щается вокруг своей оси на 360°, что позволяет зафиксировать воздухозаборную воронку в любом пространственном положении обслуживаемой зоны. Вентилятор через воздухозаборную воронку и гибкий воздуховод обеспечивает перемещение загрязненного воздуха непосредственно с места его образования к месту фильтрации.

Малые габаритные размеры и высокая степень очистки позволяют применять ФВУ в малых помещениях без принудительной вентиляции. Установка эффективна на нефиксированных рабочих местах в автономном режиме, независимо от других систем общеобменной вентиляции.

Установка ФВА-3500, в отличие от ФВУ-1200, имеет два фильтра грубой очистки, четыре электростатических фильтра и два фильтра-адсорбера. Благодаря параллельно-последовательному размещению электростатических фильтров достигается высокая степень очистки сильно загрязненного воздуха.

Фильтр-адсорбер очищает воздушный поток от следующих вредных газовых компонентов: CO, NO<sub>x</sub>, HF, O<sub>3</sub>. Выпускаемое оборудование имеет модульное исполнение, оснащено дистанционной системой контроля запыленности фильтрующих элементов.

**Техническая характеристика:** **ФВУ-1200**    **ФВА-3500**  
**Производительность, м<sup>3</sup>/ч . . . . .** 1200 . . . . . 3500  
**Степень очистки, %:**

<b>твердой фазы сварочного аэрозоля . . . . .</b>	<b>До 97 . . . . .</b>	<b>95</b>
<b>газообразной фазы сварочного аэрозоля .</b>	<b>До 90 . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>Уровень шума, дБ, не более . . . . .</b>	<b>75 . . . . .</b>	<b>80</b>
<b>Количество обслуживаемых постов . . . . .</b>	<b>1 . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>Потребляемая мощность, кВт . . . . .</b>	<b>2,2 . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>Габаритные размеры, мм . . . . .</b>	<b>590×860×1500 . 600×1250×2000</b>	
<b>Масса, кг . . . . .</b>	<b>160 . . . . .</b>	<b>270</b>

Применение ФВУ-1200 и ФВА-3500 позволяет:

- очистить загрязненный воздух до санитарных норм;
- снизить количество выбросов вредных веществ в производственные помещения и атмосферу;
- сократить потери тепловой энергии, связанные с возвратом теплого воздуха в помещение, до 100%;
- получить экономию электроэнергии за счет сокращения затрат на приточную вентиляцию.

Выпускаемое ЗАО «Консар» оборудование нашло широкое применение на предприятиях России. Среди наших потребителей: Российский федеральный ядерный центр ВНИИЭФ (Саров, Нижегородская обл.), ЗАО «ТушиноАвто» (Москва), Государственный архитектурно-строительный университет (Воронеж), ОАО «Российская электротехническая компания» (Екатеринбург), ОАО «Борский стекольный завод», (Бор, Нижегородская обл.), ООО «Вента-Сервис» (Екатеринбург), ООО «Макрос» (Москва), ОАО «Магнитогорский металлургический завод» (Магнитогорск), ЗАО «Орма» (С.-Петербург), ООО «Санкт-Петербургская гранитная компания» (С.-Петербург), ОАО «Гидроагрегат» (Павлово, Нижегородская обл.), ОАО «Слободской механический завод» (Слободской, Кировская обл.), ОАО «Сибур-Нефтехим» (Нижний Новгород), ООО «Вендор-Классик» (Москва), ООО «Сварочная техника» (Пермь), ООО «Вариант» (Трехгорный, Челябинская обл.), ООО «Диамант» (Москва), ЗАО «Спецремонт» (Москва), ООО «Респект-Инженеринг» (С.-Петербург), ОАО «Машиностроительный завод» (Вязьма, Смоленская обл.), Ростовский электровозоремонтный завод (Ростов-на-Дону). ● #505

**ЗАО «Консар»** (Саров, Россия); тел./ф.: (83130) 4 37 75, 4 39 72,  
e-mail: [consar@sar.ru](mailto:consar@sar.ru), <http://www.consar.sar.ru>

# Керамические флюсы

## ЗАО «Прометей–Ферромет»

**Компания «Прометей–Ферромет» основана в 2001 году как промышленное предприятие, специализирующееся на выпуске керамических сварочных флюсов.**

**ЗАО «Прометей–Ферромет» объединило многолетний опыт успешного ведения бизнеса и мощную материальную базу компании «Ферромет», одного из крупнейших поставщиков металлопроката в России, и богатый научный потенциал ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей». Это позволило в короткие сроки наладить промышленный выпуск керамических сварочных флюсов. Две автоматизированные линии производительностью 0,8 т флюса в смену позволяют выпускать различные марки керамических флюсов.**

В настоящее время по ТУ серийно изготавливают две марки керамических флюсов – 48АФ–50 и 48АФ–51. Эти, разработанные ЦНИИ КМ «Прометей», флюсы одобрены и классифицированы Российским Морским Регистром Судоходства.

Флюс марки **48АФ–50** предназначен для сварки конструкций из высокопрочных сталей в сочетании с низколегированной проволокой со скоростью до 35 м/ч. Ударная вязкость наплавленного металла шва составляет не менее 70 Дж/см<sup>2</sup> при температуре минус 60 °С.

Флюс марки **48АФ–51** предназначен для дуговой автоматической сварки конструкций из углеродистых, низкоуглеродистых и низколегированных сталей в сочетании с низколегированной проволокой со скоростью сварки до 50 м/ч. Ударная вязкость наплавленного металла шва составляет 60 Дж/см<sup>2</sup> и более при температуре минус 40 °С.

Сравнительные испытания сварных соединений из стали 09Г2С–14 толщиной 18 мм, выполненных двухпроходной автоматической сваркой, проведенные в марте 2004 г. специалистами ФГУП «ПО Уралвагонзавод», показали, что применение флюса 48АФ–51 вместо плавленого АН–47 в сочетании с проволоками Св–10НМА и Св–04Н3ГМТА дало прирост ударной вязкости на 32–63% при испытании образцов типа IX по ГОСТ 6996–66 при температуре минус 50 °С.

Недавно разработана новая модификация флюса 48АФ–51, получившая обозначение **48АФ–51С**. Этот флюс предназначен для автоматической как однодуговой (со скоростью до 80 м/ч), так и многодуговой (со скоростью до 120 м/ч) сварки низколегированных сталей в сочетании с проволоками Св–10ГНА и Св–08ГНМА. Область применения – производство труб для нефтегазопроводов.

Одна из последних разработок ЦНИИ КМ «Прометей» – флюс марки **48АФ–60**. Он предназначен для автоматической электродуговой сварки без подогрева низколегированных высокопрочных сталей с пределом текучести 620–690 МПа в сочетании с низколегированной проволокой. Этот флюс также одобрен Российским Морским Регистром Судоходства.

В настоящее время специалистами ЗАО «Прометей–Ферромет» разработан флюс марки **48АФ–56** (первоначальное называ-

ние 48АФ–51СИ) для однодуговой (со скоростью 20–80 м/ч) и многодуговой (со скоростью до 130 м/ч) автоматической сварки ответственных конструкций, работающих при низких температурах. Он был опробован при сварке штатных труб из сталей 17Г1С–У и 09ГСФ на ОАО «Выксунский металлургический завод».

Внутренний шов трубы размером 720×12 мм из стали 17Г1С–У сваривали омедненной сварочной проволокой Св–08ХМ диаметром 4 мм со скоростью 90 м/ч, а наружный – омедненной сварочной проволокой Св–08ГНМ диаметром 4 мм со скоростью 115 м/ч. Внутренний шов трубы размером 530×9 мм из стали 09ГСФ сваривали омедненной сварочной проволокой Св–08ГНМ диаметром 4 мм со скоростью 100 м/ч, а наружный – той же проволокой со скоростью 130 м/ч. Процесс сварки внутренних и наружных швов был стабильным. Механические испытания сварного соединения по центру наружного шва на образцах Шарпи 5×10 мм с острым надрезом показали, что ударная вязкость при температуре минус 40 °С составила от 65 до 70 Дж/см<sup>2</sup>.

В соответствии с требованиями ТУ каждую партию флюса подвергают испытаниям, по результатам которых выдают сертификат качества. Выпускаемые флюсы расфасовывают по 50 кг в полипропиленовые мешки с полиэтиленовыми вкладышами. Флексографическая надпись содержит информацию о предприятии-изготовителе, марке флюса, номере партии и дате изготовления. Данная информация, а также рекомендации по режимам прокалки помещены на бирках, которые вкладывают в каждый мешок с флюсом.

Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие качества флюса требованиям ТУ при соблюдении потребителем условий транспортировки и хранения, а также указаний по применению флюса, изложенных в сертификате. Специалисты предприятия готовы ответить на Ваши вопросы, оказать помощь в выборе сварочных материалов, изготовить опытные партии флюса по индивидуальным требованиям заказчика.

● #506

**A. B. Пименов**, ЗАО «Прометей–Ферромет», 190013, С.-Петербург, а/я 189  
Тел./факс: (812) 118 5189, 118 6730, 118 6731;  
(81371) 115 43; <http://www.ferromet.spb.ru>  
e-mail: [production@ferromet.spb.ru](mailto:production@ferromet.spb.ru)

В журнале «Сварщик» №3, 2004 г. была опубликована статья В. А. Сергиенко и И. И. Гуменшаймера «Огнепреградительные устройства завода "Донмет"». Рассмотренные в ней вопросы защиты газоинжекторной аппаратуры вызвали интерес читателей и желание обсудить проблему. Поэтому редакция предоставляет страницы журнала для дискуссии на эту тему и готова продолжить обсуждение. Приглашаем специалистов сварочного производства высказывать свое мнение по любым вопросам, которым посвящены наши публикации, в новой рубрике.

## В порядке обсуждения статьи В. А. Сергиенко и И. И. Гуменшаймера «Огнепреградительные устройства завода «Донмет» («Сварщик» №3, 2004)

**М. М. Лилько**, главный конструктор АО «Эффект» (Одесса)

В указанной статье рассматривается вопрос защиты газоинжекторной аппаратуры от обратных ударов.

Немного истории. Газорежущая и газосварочная аппаратура появилась в начале прошлого века. Резаки и горелки работали только на ацетилене низкого давления. Так как для стабильного горения газокислородного пламени в мундштуке необходимо поддерживать давление смеси примерно 0,02–0,025 МПа (0,2–0,25 кгс/см<sup>2</sup>), соответственно возникла необходимость применения газоинжекторной аппаратуры, где при помощи подогревающего кислорода осуществляется подсос горючего газа.

Прошло более 100 лет, многое изменилось. Состояние дел сегодня таково.

### Ацетилен:

- подается по трубопроводам давлением 0,07–0,08 МПа (0,7–0,8 кгс/см<sup>2</sup>);
- получается в переносных генераторах высокого давления, но давление не более 0,1 МПа (1,0 кгс/см<sup>2</sup>);
- транспортируется в баллонах, где давление составляет 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>).

### Природный газ:

- подается по трубопроводам под давлением 0,06–0,08 МПа (0,6–0,8 кгс/см<sup>2</sup>).

### Пропан-бутан:

- транспортируется в баллонах, где при температуре окружающей среды 20 °C давление составляет примерно 0,8 МПа (8 кгс/см<sup>2</sup>), а при 45 °C – 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>).

Таким образом, техническая потребность в инжекторной аппаратуре для данных целей отпала, все газы имеют необходимый потенциал (давление), позволяющий перейти на аппаратуру внутрисоплового смешения газов. Такая аппаратура имеет существенное преимущество: в ней не бывает обратных ударов ввиду малого объема газокислородной смеси в мундштуке. В крайнем случае, если произойдет утыканье в лист, то сгорит только мундштук. Объем смеси настолько мал, что даже при работе на ацетилене его не хватает для распространения взрывной волны. Проведенные многократные испытания на устойчивость резаков и горелок к обратным ударам путем затыкания мундштука планкой из мягких сортов дерева показали, что обратные удары не происходят.

Принятая еще в 1980-х гг. указанная концепция себя полностью оправдала. В настоящее время вся газорежущая и газосварочная аппаратура, выпускаемая АО «Эффект», только внутрисоплового смешения. Выпускается 24 типоразмера резаков «Эффект-М» и 6 типоразмеров ручных резаков «Эффект-Р», каждый из которых может работать на ацетилене, природном газе и пропане для резки металла толщиной 3–200 мм. Возможна поставка резаков для работы и на других газах с теплотворностью не ниже 4000 ккал/м<sup>3</sup>. Для комплектования указанных резаков выпускается 5 типов мундштуков различного на-

Следствие 7 из закона Мэрии. Всякое решение плодит новые проблемы.





**7-й закон Мэрии в машиностроении. При любом расчете число, правильность которого для всех очевидна, становится источником ошибок.**

значения (см. журнал «Сварщик» №3 за 2004 г., стр. 21).

На некоторых предприятиях бытует мнение, что чем ниже давление горючего газа в сети, тем меньше его расход, в результате чего в сети поддерживается давление 0,02–0,03 МПа (0,2–0,3 кгс/см<sup>2</sup>), что явно недостаточно для аппаратуры внутрисоплового смешения газов. Данная точка зрения ошибочна, так как для нагрева металла до температуры воспламенения (1050 °C) при заданной его толщине необходимо затратить строго определенное количество теплоты, не зависящее от потенциала (давления) энергоносителя. Единственно, в чем правы приверженцы указанного мнения, это то, что с понижением давления уменьшаются утечки (потери) в «дырявых» магистралях, однако это не имеет никакого отношения к газорежущей аппаратуре. В связи с этим для удовлетворения потребности в такой аппаратуре были разработаны машинные резаки инжекторного типа, в которых создается разрежение 0,035–0,04 МПа (0,35–0,4 кгс/см<sup>2</sup>), что примерно в два раза больше, чем необходимое давление смеси в мундштуке. Такие резаки имеют большую устойчивость к обратным ударам и могут работать на давлении газа в сети 0,001 МПа (0,01 кгс/см<sup>2</sup>). Одновременно были разработаны аналогичные ручные резаки, но они не были запущены в производство, дабы не искушать «умельцев» подключаться к сети коммунально-бытового назначения. В настоящее время резаки «Эффект-МИ» выпускают небольшими сериями, хотя разработано и подготовлено к производству 24 типоразмера машинных резаков.

Исходя из изложенного, невольно напрашивается вопрос: нужно ли выпускать инжекторную аппаратуру и защищать ее, если проще и надежнее перейти на аппаратуру внутрисоплового смешения?

Все действующие в Украине правила по технике безопасности (ДСТУ 2448–94, п. 4.13; ГОСТ 12.2008–75, п. 6.1; ДНАОП 0.00–1.20–98, п. 4.7.6) однозначно определяют: «газоразборный пост горючего газа необходимо оборудовать жидкостным либо сухим затвором и запорным устройством на входе. Допускается вместо предохранительного затвора для газов-заменителей ацетилена (за исключением водорода) устанавливать обратный клапан».

В действующих на металлургических заводах «Правилах безопасности в газовом хозяйстве предприятий черной металлур-

гии» ПБГЧМ–86, п. 4.2.6 дополнительно сказано: «Предохранительные затворы жидкостного или сухого типа, а также обратные клапаны должны изготавливаться только по чертежам, разработанным или одобренным ВНИИавтогенмаш и использоваться соответственно принятым давлению и расходу газа». То же самое оговорено в действующих в СНГ «Правилах безопасности в газовом хозяйстве» п. 3.36, примечание п. 2 (ранее они действовали и в Украине, но отменены при введении ДНАОП 0.00–1.20–98).

В «Правилах безопасности в газовом хозяйстве предприятий черной металлургии», п. 4.2.9 дополнительно сказано: «При снабжении газоразборного поста газом от баллона на последнем должен быть установлен редуктор для снижения давления газа, одновременно выполняющий функции обратного клапана». Такие клапаны ЛЗС-1–62 уже около 40 лет эксплуатируются в промышленности, они надежны и полностью себя оправдали.

Сравнительный анализ показывает:

- для защиты газовых магистралей необходимо устанавливать в газоразборном посту обратный клапан, запорное устройство на входе и вентиль, регулирующий отбор газа;
- для защиты баллона с газом (пропан-бутан) необходимо устанавливать баллонный вентиль и редуктор, выполняющий роль обратного клапана и вентиля, регулирующего отбор, т. е. полная идентичность.

Ни в одном из действующих в СНГ правил по технике безопасности нет требований к установке еще двух защитных устройств: после редуктора и перед резаком (т. е. тройная защита). Ссылка авторов в журнале «Оборудование и инструмент» № 4, стр. 16 за 2004 г. на вышедшее из печати в России «Учебно-методическое пособие по безопасному ведению сварочных работ» (М.: «Агар». – 2001. – 32 с.) не может являться документом для введения тройной защиты, тем более что там рассматривается работа инжекторных горелок.

В результате совместных работ, проведенных в 1980-х гг. Кислородмашем и ВНИИавтогенмашем по повышению надежности работы многорезаковых (10–12 резаков) газорежущих машин, было решено устанавливать на резаках специальные пламегасители с обратным клапаном, где наряду с пористой цилиндрической втулкой был клапан, захлопывающий

ся при обратном ударе, с целью не допустить повторного включения резака до окончания раскroя листа. При этом в брак могла уйти только одна деталь. Для начала повторного цикла резки необходимо было отвернуть на пламегасителе накидную гайку и «взвеси клапан». В дальнейшем, после внедрения высоконадежных резаков «Эффект-М» и малогабаритных электромагнитных клапанов прямого действия от разработанных ВНИИавтогенмашем пламегасителей с обратным клапаном отказались, оставив на всякий случай только на многорезаковых машинах серии «Комета» обратные клапаны типа ЛЗБ-2-62 (клапаны типа ЛЗБ-2-62 и ЛСБ-1-62 серийно выпускает АО «Эффект»). За многие годы эксплуатации машин серии «Комета» одесского завода «Кислородмаш», содержащих соответствующие блоки газовой автоматики, практически не было случаев аварийных ситуаций с резаками «Эффект-М».

Аналогичный подход имеет место и при защите кислородопроводов и баллонов кислорода в цехах. В ДСТУ 2448-94 п. 7.15.4 сказано: «Газоразборный пост кислорода должен быть оборудован запорной арматурой и сетевым редуктором по ГОСТ 13861-89». В ГОСТ 12.2008-75, п. 6.2 сказано: «Газоразборный пост кислорода должен быть оборудован запорным устройством».

На кислородном баллоне, согласно действующим правилам по технике безопасности, должен быть установлен вентиль (входит в состав баллона) и редуктор типа БКО-50 по ГОСТ 13861-89. Нигде не говорится о необходимости установки дополнительных обратных клапанов. Исключение составляют лишь керосинорезы — согласно ДСТУ 2448-94 в п. 4.13 и п. 7.10.3 сказано: «Резаки, работающие на жидким горючем, должны быть оборудованы обратным клапаном, установленным на кислородном штуцере».

● #507

## Об актуальности газоинжекторной аппаратуры и защитных устройств (возражения на некоторые утверждения главного конструктора АО «Эффект» М. М. Лилько)

*В. А. Сергиенко, И. И. Гуменшаймер, Н. Н. Бобух, инженеры,  
ООО «Завод автогенного оборудования "Донмет"»*

Аппаратура внутрисоплового смешения может быть как инжекторного типа, так и безынжекторного (равного давления). Инжекторная аппаратура с внутрисопловым смешением работает в том же диапазоне давлений, что и обычная инжекторная аппаратура. Для работы аппаратуры равного давления требуются несколько более высокие давления горючего газа. Имеется ли сегодня на предприятиях давление горючих газов для обеспечения нормальной работы горелок безынжекторного типа, т. е. больше 0,03 МПа (0,3 кгс/см<sup>2</sup>)?

### 1. Работа на ацетилене.

- В своей статье вы утверждаете, что ацетилен подается по трубопроводам под давлением 0,07–0,08 МПа (0,7–0,8 кгс/см<sup>2</sup>), но не более 0,12 МПа (1,2 кгс/см<sup>2</sup>). На отдельных современных предприятиях давление ацетилена действительно поддерживается на указанном уровне, но большинство предприятий в СНГ построено более

50 лет назад, и в газовых сетях этих предприятий поддерживается тот уровень давлений, который технически возможен. Поэтому, на наш взгляд, следует производить такое оборудование, которое работало бы при давлениях ацетилена от 0,003 МПа (0,03 кгс/см<sup>2</sup>).

- Переносные ацетиленовые генераторы рассчитаны на диапазон давлений 0,003–0,12 МПа (0,03–1,2 кгс/см<sup>2</sup>), и давление в генераторе в процессе работы колеблется именно в этих пределах. Аппаратура и оборудование должны устойчиво работать во всем диапазоне давлений, чему отвечают инжекторные горелки (ГОСТ 1077) и инжекторные резаки (ГОСТ 5191).
- Питание ацетиленом из баллонов позволяет постоянно иметь достаточно высокое давление, но если учесть высокую стоимость ацетилена, заправленного в баллоны (цена 1 л баллонного ацетилена почти в 2,5 раза выше полученного напрямую из

*Закон Джухэни. Компромисс всегда обходится дороже, чем любая из альтернатив.*



генератора), то становится понятным, почему предприятия неохотно переходят на потребление баллонного ацетилена.

### 2. Работа на природном газе.

Что касается причин низкого давления в газовых магистралях, то здесь их надо искать не только в «дырявых» магистралях. Существует большое количество причин, по которым в сетях природного газа, особенно старых предприятий, поддерживается низкое давление, которое зачастую не превышает 0,002 МПа (0,02 кгс/см<sup>2</sup>). К таким причинам, в первую очередь, относится большая протяженность газовых магистралей без промежуточного нагнетания и, следовательно, падение давления, что особенно заметно на концах тупиковых веток, использование старого компрессорного оборудования недостаточной мощности, которое не обеспечивает необходимое давление, а также и ряд других вполне объективных причин.

### 3. Работа на пропан-бутане.

Давление газа в баллоне с пропан-бутаном далеко не постоянно. Три-четыре ме-

сяца в году температура воздуха от 0 °С и ниже. Если учесть, что сжиженный газ в основном применяют для работы на открытых площадках, то очевидно, что и температура газа в баллоне будет отрицательной. Давление газообразной фракции в баллоне в этом случае не превышает 0,01–0,02 МПа (0,1–0,2 кгс/см<sup>2</sup>) и при больших морозах вообще падает до 0,001 МПа (0,01 кгс/см<sup>2</sup>). Заправкой баллонов сжиженным газом, предназначенным для работы в зимнее время, практически никто не занимается. Инжекторные резаки согласно ГОСТ 5191 должны обеспечивать работу при входных давлениях пропан-бутана или природного газа в пределах 0,001–0,15 МПа (0,01–1,5 кгс/см<sup>2</sup>); следовательно, и здесь их преимущество становится очевидным.

Устойчивость к обратному удару не определяет тип смешения: инжекторный или равного давления (безинжекторный). Более того, ни один из этих типов смешения не имеет безусловного преимущества перед другим с точки зрения безопасности, за исключением того, что чем ближе ин-

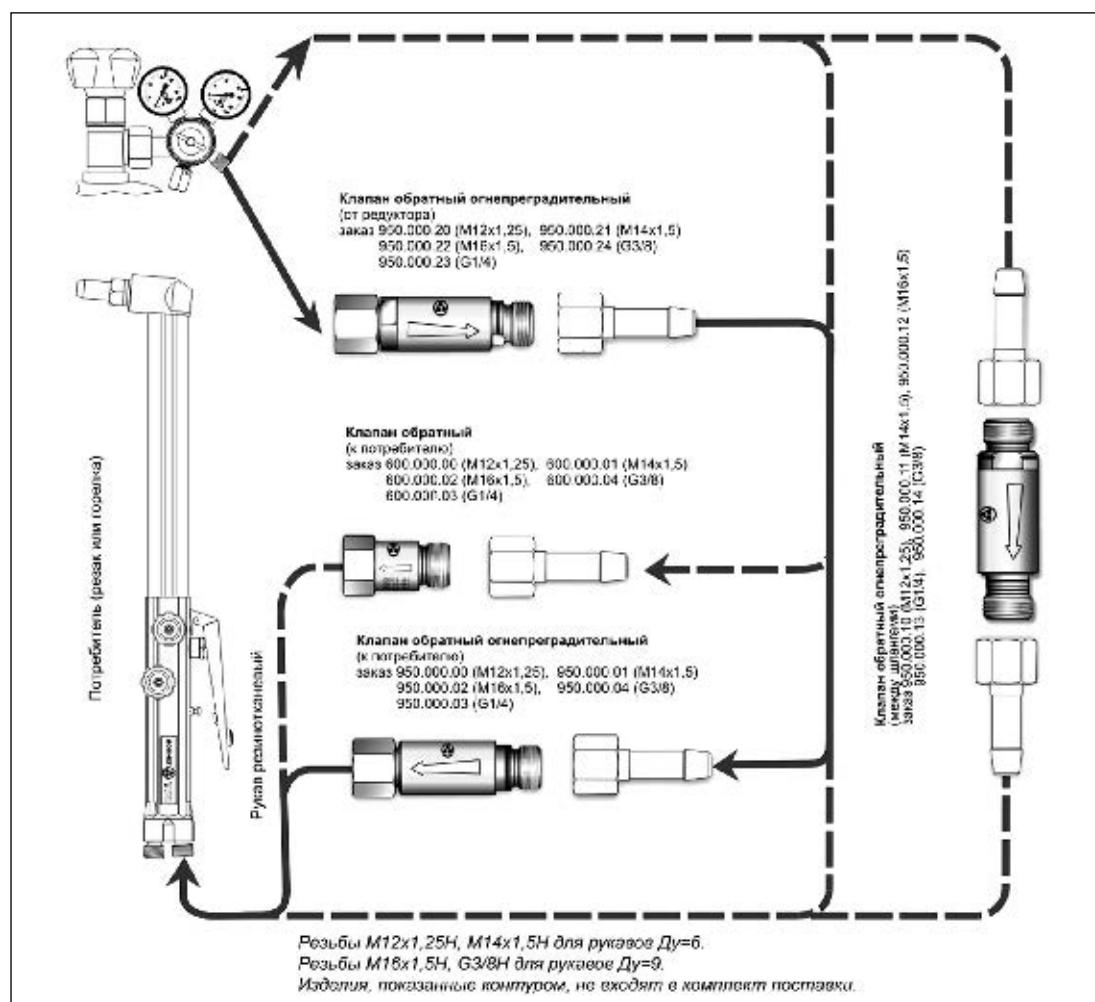


Рисунок.  
Варианты  
применения  
присоедине-  
ний клапанов  
обратных  
и клапанов  
обратных  
огнепрегра-  
дительных  
для кислоро-  
да и нейтра-  
льных газов



жектор расположен к головке резака, тем меньше вероятность получения сварщиком ожога в случае прогара наконечника.

Приведенные рассуждения не позволяют согласиться с Вашими доводами о том, что «техническая потребность в инжекторной аппаратуре, как таковой, отпала»; сегодня инжекторную аппаратуру выпускают всеми ведущими производителями мира. Кроме того, большинство мировых производителей, например, «Messer» (Германия), в целях защиты от обратного удара выпускают огнепреградительные клапаны, а требования к их установке закреплены законом (см. *O. E. Капустин. Совершенствование оборудования газопламенной обработки материалов для безопасности технологических процессов — М.: «Техинпресс», 2001 г. — 332 с.*). В соответствии с этой тенденцией «Донмет» также разработал варианты присоединения защитных устройств, выпускаемых заводом «Донмет» (*рисунок*).

В дополнение к сказанному можно добавить, что еще никто не привел (и не пытался привести) обоснованных доказательств того, что газопламенные резаки и горелки с внутрисопловым смешением не нужно защищать от обратного удара пламени.

Абсолютно безопасной газопламенной аппаратуры нет и не может быть, этому противоречит близкое соседство горючего газа, кислорода и открытого пламени. К тому же резак с внутрисопловым смешением газов ничуть не больше застрахован от перетока кислорода в канал горючего газа в случае закрытия тем или иным способом канала для выхода горючей смеси в мундштуке, чем резак инжекторного типа. При достаточно глубоком проникновении кислорода от обратного удара при повторном поджиге может спасти только огнепреградительный клапан.

Теперь о том, что «предохранительные затворы должны изготавливаться только по чертежам, разработанным или одобренным ВНИИавтогенмашем». Такие требования действительно существовали в СССР (см. «Правила техники безопасности и гигиены труда при производстве ацетилена и газопламенной обработке металлов», Москва, 1989 г.,пп. 3.7.2 и 3.7.3). В настоящее время этот ГОСТ в Украине не действует, а в Украинской нормативной документации такие требования вообще отсутствуют (исключение составляют правила, действующие на металлургических предприятиях, хотя они и 1986 г.).

В Украине нет организации типа ВНИИавтогенмаш. Согласование документов или получение их одобрения, особенно касающееся вопросов безопасности, от организации другого государства вступает в противоречие с законодательством Украины. Однако это не исключает того, что нормативная база, разработанная этой организацией, может быть принята за основу для разработки нормативных документов в Украине. Кроме того, следует отметить, что на сегодняшний день опытно-конструкторские работы во ВНИИавтогенмаше существенно сократились.

Из сказанного следует, что в Украине должна функционировать организация или производственное предприятие, которое выполняло бы такие же функции и было бы наделено такими же полномочиями, как и ВНИИавтогенмаш в России. Таким предприятием мог бы стать один из ведущих в Украине производителей газопламенного оборудования либо два-три предприятия, объединяющих свои усилия в этом направлении.

*О тройной защите*, т. е. вывод о якобы предлагаемой нами тройной защите аппаратуры и оборудования от обратного удара. Представленные на стр. 18 и 19 журнала «Сварщик» № 3 за 2004 г. рисунки лишь иллюстрируют возможные варианты подключения огнепреградительных устройств, хотя более предпочтительным является подключение огнепреградительного клапана непосредственно к резаку или горелке. Статья «О предохранительных устройствах в оборудовании для газопламенной обработки» в журнале «Оборудование и инструмент» № 4 за 2004 г. только подчеркивает, что в России планомерная работа по повышению безопасности выполнения газопламенных работ ведется ВНИИавтогенмашем, а рис. 2 на стр. 16 иллюстрирует варианты правильного, на взгляд разработчиков, подключения огнепреградительных клапанов, но не предлагает тройную защиту от обратного удара.

Установка обратных огнепреградительных клапанов на линии подвода кислорода (при желании может быть установлен для нейтральных газов) продиктовано в первую очередь существующей пока еще низкой культурой производства и частыми нарушениями правил безопасной эксплуатации газового оборудования, что во многих случаях может привести к взрыву кислородного баллона.

● #508



# Судостроение—сварка 2004

## Практический семинар

**В. М. Илюшенко, вице-президент Общества сварщиков Украины**

**6–7 октября 2004 г.** в ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования» состоялся традиционный (четвертый) семинар «Судостроение—сварка 2004», в котором приняли участие главные специалисты судостроительных заводов Николаева, Херсона, Севастополя, Феодосии, Киева, ведущие специалисты ИЭС им. Е. О. Патона, Национального университета кораблестроения им. адмирала Макарова, а также представители ряда заинтересованных предприятий Донецка и Одессы.

Открыл семинар главный инженер ОАО «КЗЭСО» В. Окул. Он ознакомил участников с результатами выполнения решения предыдущего семинара, с перспективными разработками завода, представляющими интерес для отрасли. В частности, было отмечено, что новый аппарат для механизированной сварки КП-016-1, разработанный по заказу судостроителей, успешно прошел производственные испытания на ряде заводов и сейчас является базовой моделью для технического переоснащения предприятий отрасли. Серьезную модернизацию претерпел также автомат тракторного типа КА-002. Он оснащен современной микропроцессорной системой управления, позволяющей осуществлять процесс сварки по заданной программе (до 10 программ).

Завершены работы по созданию подвесного самоходного автомата с системой слежения за стыком для дуговой сварки под флюсом (А-1416-1). Автомат построен на современной элементной базе с применением узлов и компонентов ведущих европейских производителей; управление автоматом осуществляется с помощью контроллера производства фирмы «Siemens». Задание параметров и контроль работы механизмов производят как с пульта управления, установленного на сварочной головке, так и с пульта, расположенного в шкафу управления. Позиционирование мундштука (электродной проволоки) на стык осуществляется с помощью датчика лазерного слежения.

Завод активно продолжает работы по совершенствованию технического уровня и повышению надежности гаммы выпускаемых источников питания для дуговой сварки — выпрямителей серии КИГ и универсальных выпрямителей серии КИУ.

Невыполненной осталась позиция по созданию специализированного автомата тракторного типа для сварки угловых швов, так как до сих пор не согласовано техническое задание на эту разработку.

В качестве перспективных для отрасли работ В. Окул отметил создание оборудования для механизированной сварки в среде защитных газов с синергетическим управлением, многопостовых источников питания, универсального оборудования для сварки неплавящимся электродом и др. Особое внимание главный инженер уделил вопросам дальнейшего улучшения сервисного обслуживания выпускаемого оборудования.

При ознакомлении с заводом и постоянно действующей выставкой сварочного оборудования участникам семинара была показана новая аппаратура в действии, а фирма «Арксэл» (Донецк) продемонстрировала технологические возможности механизированной сварки порошковой проволокой аппаратами КП-016-1.

В обсуждении за круглым столом приняли участие: главные сварщики Г. Бурдаков («Севморверфь», Севастополь), Ю. Бутенко (НПКТ «Заря-Машпроект», Николаев), В. Довбня (ГАХК «ЧМЗ», Николаев), Н. Свитайло (з-д «Ленинская кузница», Киев); главный инженер ГП «ХСЗ» О. Тимочко (Херсон), нач. лаборатории сварки ФПО «Море» (Феодосия) М. Лисевич, зав. отделом ИЭС им. Е. О. Патона В. Илюшенко (Киев), проф. кафедры сварочного производства НУК им. адмирала Макарова С. Драган (Николаев), технический директор фирмы «Арксэл» А. Алимов (Донецк), президент Общества сварщиков Украины В. Фартушный (Киев).

Как отметили ведущие специалисты завода главный конструктор С. Дух, главный конструктор проекта Н. Постолатий, нач. отдела маркетинга Н. Манзик, высказанные участниками семинара рекомендации по дальнейшему совершенствованию сварочной техники и пожелания активно и всесторонне проводить производственные испытания нового оборудования в реальных условиях заводов отрасли будут способствовать созданию конкурентоспособной сварочной техники.

С большим интересом участники семинара заслушали и обсудили сообщение президента Общества сварщиков Украины В. Фартушного о состоянии профтехобразования сварщиков в Украине и задачах по его улучшению.

В решении семинара наряду с проблемными вопросами по дальнейшему сотрудничеству ОАО «КЗЭСО» и судостроительной отрасли отмечается необходимость участия кафедры сварочного производства НУК им. Адмирала Макарова в выработке эффективных мероприятий по повышению профессионального уровня сварщиков в судостроении.

● #509



# Современное сварочное оборудование и процессы сварки в промышленности

## Международный семинар

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

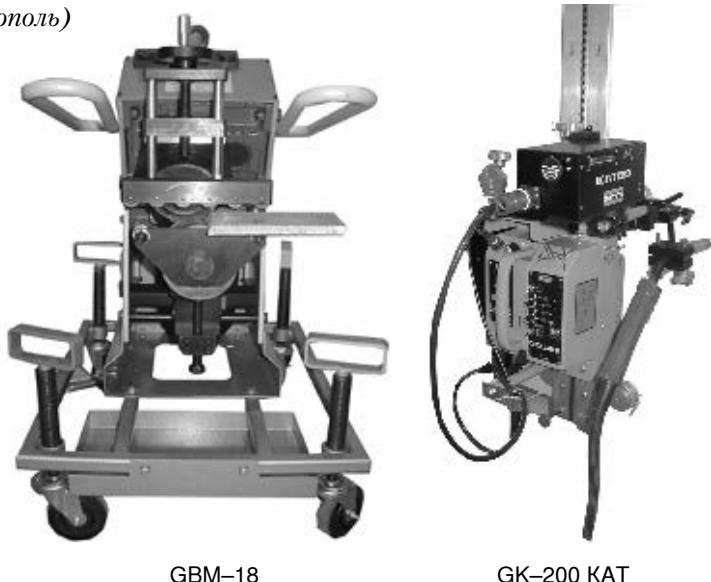
Традиционно в начале сентября ОАО «Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА» (Симферополь) совместно с НПФ «Инженерный и технологический сервис» (Санкт-Петербург) провели Международный семинар «Современное сварочное оборудование и процессы сварки в промышленности» для главных сварщиков промышленных предприятий Украины и нефтегазовой промышленности России.

В семинаре участвовали 60 специалистов по сварке. Они посетили производственные цеха и ознакомились с технологией производства электросварочного оборудования, специалисты завода продемонстрировали работу новейших моделей сварочных универсальных источников питания ВД-506 ДК и ВДУ-511, сварочных полуавтоматов ПДГО-511, ПДГ-602 и малогабаритного подающего механизма ПДГ-422 для совместной работы с универсальным сварочным конвертором КСУ-320 от многопостовых источников питания, а также новую разработку для автоматической сварки под слоем флюса — сварочный трактор АДФ-1000 в комплекте с источниками питания ВДУ-1000 и ВДУ-630.

Впервые «Фирма СЭЛМА» демонстрировала на семинаре уникальное оборудование, не имеющее аналогов в Украине, для автоматизации процессов подготовки швов металла, сварки и резки — несущую конструкцию *GK-200 KAT* для механизации процесса сварки, а также высокоскоростную и мобильную кромкоскальзывающую машину *GBM-18* для механической подготовки кромок листовых материалов и торцов труб под сварку. Предлагаемое оборудование позволяет снизить затраты на проведение сварочных работ.

Несущая конструкция *GK-200 KAT* предназначена для выполнения горелкой колебательных движений при сварке корневых и заполняющих швов стыковых соединений металлов больших толщин во всех пространственных положениях. Она может передвигаться по жесткой или гибкой направляющей любой конфигурации. Преимущество *GK-200 KAT* состоит в том, что она позволяет производить сварку и резку в любом пространственном положении, включая орбитальную, при этом обеспечивает сокращение времени сварки и улучшает качество сварочного шва.

При сварке металла толщиной более 5 мм задачей становится получение гарантированного сплошного проплавления корня шва, поэтому согласно нормативной документации необходима разделка кромок. Использование машин *GBM-18* позволяет увеличить производительность труда, упростить технологический процесс сборки и сварки металлоконструкций.



GBM-18

GK-200 KAT

С целью повышения качества шва и ускорения процесса односторонней сварки «Фирма СЭЛМА» предлагает применять в сварочном производстве самоклеющиеся керамические подкладки. Применение керамических подкладок является простым и эффективным способом получения качественного шва. Окупаемость керамических подкладок достигается за счет обеспечения высокого качества односторонней сварки и исключения затрат на устранение дефектов.

Предлагаемое оборудование и керамические подкладки можно применять в судостроении и при ремонте судов, для сварки труб и трубопроводов, в мостостроении и в строительстве промышленных резервуаров.

Участники семинара прослушали доклады по технологии сварки неповоротных стыков трубопроводов, сертификации сварочного оборудования и аттестации сварщиков:

- «Технология и методы сварки неповоротных стыков труб» («Стройтрансгаз», Москва);
- «Приборы и методы регистрации параметров сварочных процессов» (НАКС, Москва);
- «Сварочные горелки фирмы «BINZEL» для всех видов сварки» («BINZEL», Германия);
- «Вопросы качества сварных соединений неповоротных стыков труб» (ВНИИСТ, Москва);
- «Подготовка и аттестация сварщиков» (Учебный центр «Лукойл», Пермь);
- «Использование ВД-506ДК в качестве источников питания для сварки стыков труб» («ИТС», С.-Петербург).

Один из докладов познакомил участников семинара с Волжским трубным заводом (Волжский, Россия).

Тематические семинары и конференции, посвященные применению электросварочного оборудования в различных отраслях промышленности ОАО «Фирма СЭЛМА» и НПФ «ИТС» (С.-Петербург) проводят ежегодно, поэтому приглашаем всех заинтересованных специалистов сварочного производства принять участие в семинарах в будущем году.

• #510

# Повышение надежности сварных соединений при монтаже и ремонте технологического оборудования в энергетике

## Научно-технический семинар

**A. A. Кайдалов**, д-р техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины» (Киев)

**12–15 октября 2004 г.** в Киеве состоялся научно-технический семинар «Повышение надежности сварных соединений при монтаже и ремонте технологического оборудования в энергетике». Семинар был организован Научно-техническим комплексом «Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины», ОАО «Южтеплоэнергомонтаж» и Украинским информационным центром «Наука. Техника. Технология» при поддержке Министерства топлива и энергетики, Государственного комитета ядерного регулирования, НАЭК «Энергоатом», Государственного комитета по надзору за охраной труда. В семинаре приняли участие ученые и специалисты из 46 организаций и предприятий энергетики Украины, а также представители из Российской Федерации, Республики Беларусь, Казахстана, Финляндии – всего более 80 человек.

На семинаре обсуждались вопросы, касающиеся оборудования и материалов для сварки, термообработки и ремонта технологического оборудования, нанесения покрытий и упрочнения поверхностей, технологии сварки, ремонта, термообработки и восстановления, технической диагностики и контроля качества, аттестации технологических процессов сварки, наплавки и резки (общее количество докладов 43).

В период проведения семинара были организованы выставочные стенды зачистного и абразивного инструмента немецкой фирмы «OSBORN» (фирму представляла компания «Александр», г. Запорожье) и сварочного оборудования шведского концерна «ESAB» (представлял Торговый дом «Ниса», Киев).

Технологиям сварки и ремонта корпусных деталей турбин, котлов, трубопроводов и паровой арматуры были посвящены доклады Института электросварки им. Е. О. Патона, Всероссийского теплотехнического научно-исследовательского института (ВТИ, Москва), ОП «Атомремонтсервис» (Славутич) и Института импульсных процессов и технологий (ИИПТ, Одесса). Гамму порошковой проволоки и электродных лент для сварки и наплавки нержавеющих сталей и новые активирующие флюсы, технологии наплавки чугунных деталей машин и подводной сварки при ремонте элементов конструкций атомных электростанций, позволяющие повысить производительность процесса и качество сварных швов и наплавляемых слоев металла, предложил ИЭС им. Е. О. Патона. Выбор способа ремонтной сварки, подготовка деталей к заварке и технология заварки выборок подробно описаны в докладе ВТИ. Специалисты ВТИ и ИЭС им. Е. О. Патона поделились положительным опытом применения технологии ультразвуковой проковки как в режиме послесварочной операции еще горячего металла шва или наплавки, так и для обработки холодных (в том числе старых) сварных швов. Эта технология позволяет выравнять механические свойства металла по всему сечению сварного шва и повысить сопротивляемость хрупкому разрушению. Технология сварки в узкую разделку кромок как альтернатива нормативной разделке 1–25–8 была изложена в докладе ОП «Атомремонтсервис». Эта технология позволяет повысить

производительность процесса и снизить его себестоимость, хотя и отстает от японской технологии. Для соединения труб с трубной доской для парогенераторов в ИИПТ предложена новая технология сварки – прессово-термическая электрогидроимпульсная сварка. Соединение образуется электрогидроимпульсной запрессовкой трубок и последующей термообработки.

Технологии и оборудование для локальной термообработки представили ОАО «ВНИИ-монтажспецстрой» (Москва), Институт электросварки им. Е. О. Патона, фирма «Heatmasters» (Лахти, Финляндия) и Азовский морской институт (Мариуполь). Отмечено, что имеется большой положительный практический опыт применения этих технологий в энергетике и разнообразное оборудование для ее осуществления (в том числе и в труднодоступных местах), разработаны методы расчета оптимальных режимов термообработки, однако отсутствуют специальные нормативные документы по термообработке ряда деталей корпуса паровых турбин.

Много докладов было посвящено оборудованию для сварки и наплавки, сварочным материалам, технологиям нанесения покрытий, различным материалам для деталей и узлов энергетических установок.

Из докладов, посвященных технической диагностике, следует отметить доклад НПП «Специальные научные разработки» (Харьков) и Института ядерных исследований (Киев) о диагностике остаточного ресурса узлов различных машин и сварных соединений по измерению коэффициента силы в ферромагнитном материале, контролю петли магнитного гистерезиса и коэффициента магнитной проницаемости материала. Результаты исследований и опыт применения позволяют надеяться, что в ближайшем будущем появится методическая и нормативная документация для внедрения магнитной диагностики при эксплуатации энергетических установок в Украине.

Состоялась дискуссия по качеству сварочных материалов и аттестации технологических процессов. Отмечена положительная роль журнала «Сварщик» и отраслевых тематических семинаров в информировании специалистов о новых технологиях и оборудовании для сварки и ремонта и опыта их применения.

● #511

# Надежность и ремонт машин

## Международная научно-техническая конференция

**Ю. Н. Тюрин, д-р. техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)**

**20–26 сентября 2004 г.** в Гаграх (Республика Абхазия) состоялась международная научно-техническая конференция «Надежность и ремонт машин». Конференция была организована Орловским государственным аграрным университетом (Орел, Российская Федерация) при поддержке правительства Республики Абхазия, Российской академии сельскохозяйственных наук, Международного союза машиностроителей и администрации Орловской области. Информационную поддержку осуществляли журналы «Тяжелое машиностроение» и «Ремонт, восстановление, модернизация» (Москва, Российская Федерация).

Конференция посвящалась 10-летию открытия в ОрелГАУ отделения по подготовке инженеров в области технического обслуживания, ремонта, упрочнения и восстановления деталей машин. Ее целью являлись обмен научно-технической информацией, определение перспективных направлений для развития новых технологий ремонтного производства в различных отраслях народного хозяйства, установление деловых контактов и разработка совместных научных программ и проектов.

В конференции приняли участие ученые и ведущие специалисты университетов, институтов и предприятий, работающие в области повышения надежности машин и их ремонта.

Работавшие секции охватывали огромный круг тем: ресурсосберегающие технологии при производстве и ремонте машин; материалы, технологии и оборудование для восстановления, упрочнения и изготовления деталей машин и инструмента; организационные и технические методы повышения надежности машин.

Было представлено 110 докладов, заслушано 46 докладов из Российской Федерации, Украины, Республики Беларусь и Индонезии.

Конференция приняла следующие решения:

1. Рекомендовать проведение международной и межведомственной научно-технической конференции по вопросам надежности и ремонта машин ежегодно в г. Гагры на базе пансионата «Энергетик» в конце сентября – начале октября.

2. Рекомендовать информационным спонсорам подготовить краткие статьи в своих журналах о конференции. Отобрать наиболее интересные статьи из сборника материалов и при условии переработки их авторами в соответствии с требованиями журнала опубликовать в отдельном номере журнала, посвященном конференции.

3. Создать общественную некоммерческую организацию «Международная межотраслевая ассоциация технологов производства и ремонта

машин» (ММАТПРМ) с целью совершенствования координации научных исследований между организациями различных министерств и ведомств. Избрать председателем ассоциации д-ра техн. наук, профессора **В. Н. Хромова**, заведующего кафедрой «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет» (Орел, РФ), заместителями председателя чл.-корр. НАН Белоруссии, д-ра техн. наук, проф. **Ф. И. Пантелеенко** (Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Республика Беларусь), д-ра техн. наук **Ю. Н. Тюрина** (Институт электросварки им. Е. О. Патона, НАН Украины, Киев, Украина), д-ра техн. наук, проф. **В. С. Гаврилюка** (Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, РФ). Поручить председателю ассоциации подготовить учредительные документы и зарегистрировать ассоциацию в установленном порядке.

4. Рекомендовать в качестве печатных органов ассоциации журналы «Ремонт, восстановление, модернизация» и «Тяжелое машиностроение» (Москва), журнал «Сварщик» (Киев). ● #512

## Вышли из печати

### О. Г. Левченко. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві.

Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей.  
98 стор. — ISBN 966-699-068-7. — Ціна 12 грн.

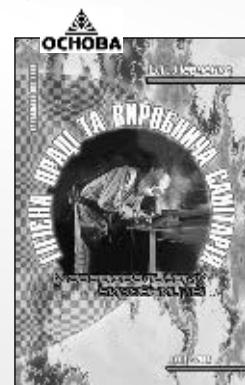
Викладено матеріали про сучасний стан гігієни праці та виробничої санітарії як найактуальнішої проблеми охорони здоров'я працюючих у зварювальному виробництві. Посібник відповідає програмі курсу «Охорона праці у галузі» для студентів, магістрів та аспірантів вищих навчальних закладів з підготовкою фахівців зі зварювання і споріднених технологій. Також розраховано на інженерно-технічних працівників зварювального виробництва, спеціалістів з охорони праці, гігієни та екології.

#### Адреса видавництва «Основа»:

01032, Київ-32, вул. Жилянська, 87/30.  
Тел.: (044) 239 3897, т./ф. 239 3895, 239 3896.

**Реквізити:** р/р № 26001310011801  
у Київській філії АКБ «Новий», МФО 322670  
або р/р 26002401028159 в Київській  
Центральній філії АППБ «Аval»,  
МФО 322904. Код видавництва 21616225.  
E-mail: osnova@i.kiev.ua  
E-page: <http://www.osnova-ua.com>

Для одержання видання потрібно виписати рахунок-фактуру, перерахувати гроші на розрахунковий рахунок і надіслати до видавництва лист-заявку. Оплаченні видання надсилаються поштою або видаються у видавництві за довіреністю. Книги можна придбати на місці за готівку.





# Учебные программы на 2005 г.

Межотраслевого учебно-аттестационного центра ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

**1. Повышение квалификации инженерно-технических работников** (с аттестацией на право технического руководства работами при изготовлении ответственных сварных конструкций, в том числе подведомственных государственным органам надзора)

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
101 102	Техническое руководство сварочными работами на объектах, за которыми осуществляется государственный надзор (руководители сварочных работ): подготовка и аттестация переаттестация	3 недели (112 ч) 24 ч	Февраль, октябрь
103 104	Руководство сварочно-монтажными работами при строительстве и ремонте газопроводов из полимерных материалов: подготовка и аттестация переаттестация	2 недели (72 ч) 1 неделя (32 ч)	Март, май, июнь, октябрь Февраль, май
105	Подготовка и аттестация председателей комиссий по аттестации сварщиков-экспертов Украинского аттестационного комитета сварщиков (УАКС)	3 недели (112 ч)	Сентябрь
106 107 108	Подготовка членов комиссии по аттестации сварщиков: специалистов технологических служб, отвечающих за организацию аттестации сварщиков специалистов служб технического контроля, отвечающих за контроль сварных соединений (включая специальную подготовку к аттестации по визуально-оптическому методу контроля) специалистов служб охраны труда предприятий	2 недели (72 ч) 2 недели (70 ч) 2 недели (72 ч)	Июнь, декабрь Февраль, апрель, июнь, июль, сентябрь, декабрь Июль
109 110 111	Подтверждение полномочий, расширение допусков председателей комиссий-экспертов УАКС со стажем: 3 года 6 лет 9 лет	16 ч 32 ч 16 ч	По согласованию с УАКС
114 115 116 117 118	Подтверждение полномочий, расширение допусков членов комиссии по аттестации сварщиков: специалистов технологических служб по сварке со стажем: 3 года 6 лет 9 лет специалистов по техническому контролю специалистов по охране труда	24 ч 32 ч 24 ч 24 ч 24 ч	Май, октябрь Апрель, июнь, сентябрь Май, октябрь Апрель, июнь, ноябрь Январь, апрель, май, ноябрь
119	Технология и организация производства сварочных электродов	3 недели (112 ч)	Июнь
120	Профессиональная подготовка и аттестация специалистов по металлографическим исследованиям (исследование макро- и микроструктур, измерение твердости, выявление межкристаллитной коррозии и определение ферритной фазы)	2 недели (72 ч)	Февраль, октябрь
121 123 125 127 133	Переподготовка специалистов сварочного производства по программам Международного института сварки (с выдачей международного диплома): Международный инженер по сварке Международный технолог по сварке Международный специалист по сварке Международный практик по сварке Международный инспектор по сварке	72 и 444 ч <sup>1</sup> 72 и 340 ч <sup>1</sup> 56 и 222 ч <sup>1</sup> 32 и 146 ч <sup>1</sup> от 42 до 218 ч <sup>1</sup>	Март, октябрь Март, октябрь Март, октябрь Март, октябрь Март, декабрь
136	Подготовка менеджеров по управлению качеством в сварочном производстве (с выдачей европейского сертификата)	2 недели (72 ч)	Март, декабрь
137	Организация неразрушающего контроля на предприятиях железнодорожного транспорта	2 недели (72 ч)	Январь, май, декабрь
138	Техническое руководство сварочными работами при ремонте действующих трубопроводов (под давлением)	2 недели (72 ч)	По согласованию с заказчиком
139 140	Физико-механические испытания материалов и сварных соединений: повышение квалификации и аттестация переаттестация	2 недели (72 ч) 24 ч	Март Октябрь
141 142	Эмиссионный спектральный анализ (стилоскопирование) металлов и сплавов: аттестация переаттестация	2 недели (76 ч) 14 ч	По согласованию с заказчиком
144	Международные и национальные стандарты в области сварочного производства и их отечественные аналоги	2 дня	
145	Современное сварочное оборудование на рынке Украины	2 дня	В течение года
146	Новые технологии профессиональной подготовки сварщиков и дефектоскопистов	1 день	

**2. Подготовка и повышение квалификации инструкторов и преподавателей по сварке**

для системы профессионально-технического обучения

201	Подготовка, повышение квалификации инструкторов по сварке и родственным технологиям	5 недель (192 ч)	
202	Повышение квалификации преподавателей специальных дисциплин по сварке и родственным технологиям	3 недели (112 ч)	Май, ноябрь

**3. Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации персонала в области сварки и родственных технологий** (с присвоением квалификации в соответствии с национальными и международными требованиями)

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
	Подготовка сварщиков:		
301	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	9 недель (352 ч)	
302	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (ТИГ)	5 недель (192 ч)	Индивидуальное обучение по согласованию с заказчиком
303	газовой сварки	3 недели (112 ч)	
304	механизированной дуговой сварки плавящимся металлическим электродом в защитных газах (МИГ/МАГ)	3 недели (112 ч)	
305	механизированной дуговой сварки порошковой проволокой	3 недели (112 ч)	Март, сентябрь
306	автоматической дуговой сварки под флюсом	3 недели (112 ч)	Апрель, октябрь
307	электрошлифовкой сварки	3 недели (112 ч)	Май, ноябрь
308	контактной (прессовой) сварки (рельсов, промысловых и магистральных нефте- и газопроводов)	3 недели (112 ч)	Июнь, декабрь
309	пластмасс (сварка трубопроводов из полимерных материалов)	5 недель (192 ч)	Январь, апрель, июнь, июль, сентябрь, ноябрь
310	по программам Международного института сварки с присвоением квалификации Международный сварщик	5–12 недель <sup>1</sup>	По согласованию с заказчиком
311	Специальная подготовка по технологии и оборудованию контактной сварки арматуры	2 недели (72 ч)	
	Повышение квалификации сварщиков:		
312	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	2 недели (72 ч)	
313	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (ТИГ)	2 недели (72 ч)	
314	газовой сварки	2 недели (72 ч)	
315	механизированной дуговой сварки плавящимся металлическим электродом в защитных газах (МИГ/МАГ)	2 недели (72 ч)	
316	механизированной дуговой сварки порошковой проволокой	2 недели (72 ч)	
317	автоматической дуговой сварки под флюсом	2 недели (72 ч)	
318	электрошлифовкой сварки	2 недели (72 ч)	
319	контактной (прессовой) сварки (рельсов, промысловых и магистральных нефте- и газопроводов)	1 неделя (36 ч)	Индивидуальное обучение по согласованию с заказчиком
320	пластмасс (сварка трубопроводов из полимерных материалов)	2 недели (72 ч)	
321	Повышение квалификации газосварщиков (газовая пайка цветных металлов)	32 ч	
	Переподготовка сварщиков:		
323	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	2–4 недели	
324	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (ТИГ)	2–3 недели	
325	газовой сварки	2 недели	
326	механизированной дуговой сварки плавящимся металлическим электродом в защитных газах (МИГ/МАГ)	1–2 недели	
327	механизированной дуговой сварки порошковой проволокой	1–2 недели	
328	автоматической дуговой сварки под флюсом	1–2 недели	
329	электрошлифовкой сварки	1–2 недели	
330	по программам Международного института сварки с присвоением квалификации Международный сварщик	2–5 недель <sup>1</sup>	
	Подготовка дефектоскопистов:		
334	ультразвукового контроля	196 ч	
335	рентгеновского и гамма контроля	188 ч	Февраль, октябрь
336	магнитного контроля	172 ч	
337	газового и жидкостного контроля	172 ч	Апрель, ноябрь
	Переподготовка дефектоскопистов:		
338	ультразвукового контроля	184 ч	
339	рентгеновского и гамма контроля	156 ч	Февраль, июнь, октябрь
340	магнитного контроля	152 ч	
341	газового и жидкостного контроля	144 ч	Апрель, ноябрь
	Повышение квалификации дефектоскопистов:		
342	ультразвукового контроля	от 104 до 128 ч <sup>4</sup>	Февраль, июнь, октябрь
343	рентгеновского и гамма контроля	от 104 до 168 ч <sup>4</sup>	
344	магнитного контроля	от 108 до 132 ч <sup>4</sup>	Апрель, ноябрь
345	газового и жидкостного контроля	от 76 до 132 ч <sup>4</sup>	
346	Подготовка контролеров сварочных работ	от 76 до 116 ч <sup>4</sup>	Февраль, сентябрь
347	Целевая подготовка дефектоскопистов ультразвукового контроля колесных пар вагонов	от 36 до 160 ч <sup>4</sup>	По согласованию с заказчиком
	Подготовка газорезчиков:		
351	газовой резки	3 недели (112 ч)	Июль, ноябрь
352	ручной и механизированной воздушно-плазменной резки	3 недели (112 ч)	Январь, июль
353	Подготовка металлизаторов по нанесению упрочняющих и защитных покрытий на металлы	5 недель (196 ч)	Март
354	Специальная подготовка по поверхностной закалке колесных пар на установках высокотемпературной закалки (повышение квалификации термистов)	3 недели (112 ч)	По согласованию с заказчиком



*2-й закон программы. Любая программа обходится дороже и требует больших затрат времени, чем предполагалось.  
Закон Паттона. Хороший план сегодня лучше безупречного завтра.*

**4. Аттестация персонала сварочного производства**  
(в соответствии с национальными и международными нормами и стандартами)

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
401	Специальная подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с ДСТУ 2944–94, ДСТУ 2945–94, правилами Госнадзорхорнтрауда (ДНАОП 0.00–1.16–96), правилами Госатомнадзора (ПНАЭГ–7–003–87)	от 72 до 152 ч <sup>2</sup>	1–2 неделя месяца 3–4 неделя месяца
403	Дополнительная аттестация сварщиков согласно ДНАОП 0.00–1.16–96	24 ч	По согласованию с заказчиком
405	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с правилами Госнадзорхорнтрауда (ДНАОП 0.00–1.16–96), правилами Госатомнадзора (ПНАЭГ–7–003–87)	32 ч	Еженедельно
406	Подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с международными стандартами ISO 9606 и EN 287	2 недели (72 ч)	1–2 неделя месяца 3–4 неделя месяца
407	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с международными и европейскими стандартами ISO 9606 и EN 287	32 ч	еженедельно
408	Подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с международным стандартом ISO 14732 (операторы автоматических установок дуговой сварки плавлением / операторы контактной точечной сварки)	2 недели (72 ч)	
409	Аттестация сварщиков на право выполнения работ при ремонте действующих магистральных трубопроводов (под давлением)	3 недели (112 ч)	
410	Периодическая аттестация сварщиков на право выполнения работ при ремонте действующих магистральных трубопроводов (под давлением)	32 ч	По согласованию с заказчиком
411	Квалификационная аттестация сварщиков, работающих на машинах контактной (прессовой) сварки (рельсов, промысловых и магистральных нефте- и газопроводов)	24 ч	
412	Квалификационная аттестация газорезчиков ручной и механизированной воздушно-плазменной резки	24 ч	
413	Аттестация сварщиков пластмасс (сварка трубопроводов из полимерных материалов)	Проводится по окончании курса 309	
414	Периодическая аттестация сварщиков пластмасс (сварка трубопроводов из полимерных материалов)	32 ч	В течение года
	Специальная подготовка дефектоскопистов к аттестации в соответствии с ДНАОП 0.00–1.27–97:		
415	ультразвуковой контроль	от 24 до 140 ч <sup>3</sup>	
420	радиационный контроль	от 24 до 110 ч <sup>3</sup>	По согласованию с заказчиком
425	магнитный контроль	от 24 до 110 ч <sup>3</sup>	
430	капиллярный контроль	от 24 до 70 ч <sup>3</sup>	
435	визуально-оптический контроль	от 24 до 70 ч <sup>3</sup>	

<sup>1</sup> Продолжительность обучения устанавливается Уполномоченным Национальным органом (УНО).

<sup>2</sup> Продолжительность подготовки устанавливается аттестационной комиссией.

<sup>3</sup> Продолжительность обучения указывается в направлении ОСП (орган по сертификации персонала).

<sup>4</sup> Продолжительность обучения зависит от квалификации слушателя.

*По просьбе заказчиков возможно проведение обучения в другие сроки или по другим программам, не вошедшим в данный перечень, а также на территории заказчика. На период обучения слушателям предоставляется общежитие с оплатой за наличный расчет. Стоимость обучения определяется при заключении договора. Для приема на обучение необходимо направить заявку в адрес Центра с указанием шифра курса, количества специалистов и почтовых реквизитов предприятия.*

Украина, 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11.

Тел. (+380 44) 456 6330, 456 1074, 261 5462, 261 5109. Факс (+380 44) 456 4894.

E-mail: paton-tc@paton.kiev.ua, http://www.paton-tc.kiev.ua