



6 (46) 2005

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. Илюшенко, А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко, П. П. Проценко, И. А. Рябцев

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

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

**Маркетинг и реклама** Е. Б. Юрлов, В. Г. Абрамишвили

**Верстка** Т. Д. Пашигорова, А. Е. Рублева

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

**Телефон** +380 44 528 3523, 287 6502

**Факс** +380 44 287 6502

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

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

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

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

**Представительство в Прибалтике** Рига, Янис Андерсонс  
+371 7 538 974, +371 7 538 345 (ф.)  
e-mail: janis37@navigator.lv

Вильнюс, Александр Шахов  
+370 52 47 4301  
ПФ «Рекламос Центрас»

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

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции. Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала. При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 05.12.2005. Формат 60×84 1/8.  
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.  
Гарнитура PetersburgCTT. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.  
Зак. № 05/12 от 05.12.2005. Тираж 3000 экз.  
Печать ООО «Людопринт Украина», 2005.  
01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39–41, к. 1012–1014.  
Тел. (044) 289–0879, 287–4280.

© «Экотехнология», 2005

# Информационно-технический журнал Сварщик®

Технологии  
Производство  
Сервис



## СОДЕРЖАНИЕ

### Новости техники и технологий ..... 3 Производственный опыт

- Технологии лазерной и плазменной резки, разработанные в ИЭС им. Е. О. Патона для промышленного внедрения. *В. Д. Шелягин, В. Ю. Хаскин, Ю. Н. Нефедов, А. Г. Лукашенко* ..... 6
- Внепечная объемная термообработка корпуса сепаратора из нержавеющей стали способом внутреннего нагрева. *А. И. Лавров, В. А. Бабкин, П. Б. Ловырев, М. Н. Трухан, И. М. Хакимов, П. М. Корольков* ..... 10
- Наплавка валков трубопрокатного стана порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ. *П. Ф. Домбровский, Е. Ф. Чудаков, А. Н. Круподер, В. А. Войтенко, А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов* ..... 12

### Поздравляем!

- 70 лет Константину Андреевичу Ющенко ..... 13
- 60 лет Институту Сварки в Гливице. *Я. Пилярчик, А. Кайзерек* ..... 14
- Александру Николаевичу Ткаченко — 60 лет ..... 17

### Наши консультации ..... 14

### Технологии и оборудование

- Радикальное повышение качества плазменных покрытий. *С. В. Петров* ..... 20
- Роботизированный комплекс для TIG сварки. *С. М. Атрошкин* ..... 22
- Клеи для инертных поверхностей. *К. В. Запунная, Т. Т. Тодосийчук, Ю. С. Липатов, Л. Н. Ященко, Г. Н. Кривченко, Л. Н. Перепелицына, А. Н. Горбатенко* ..... 24
- Коррозионностойкие и износостойкие композиционные материалы для наплавки деталей металлургического оборудования. *И. М. Спиридонова, Е. В. Суховая, А. П. Ващенко* ..... 26
- Ограничитель напряжения холостого хода ОНТ–1 для сварочных трансформаторов. *А. В. Василенко* ..... 31
- Новый материал «Салют КХС» для изготовления гальванических ванн. *С. В. Малюгин, М. М. Смирнов, Н. В. Давыдкин, А. С. Малюгин* ..... 32
- Управление качеством сварки на основе причинно-следственных связей образования дефектов сварных соединений трубопроводов и металлоконструкций. *П. В. Занковец* ..... 34
- Новая версия программы для анализа сварочных процессов на переменном токе. *Л. А. Жданов, В. Т. Котик, В. Н. Коперсак, В. Л. Коваленко, В. В. Чабанов* ..... 38

### Конференции и семинары

- Дуговая сварка. Материалы и качество. Научно-практический семинар. *П. В. Игнатченко* ..... 41

### Охрана труда

- Шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні. Частина I. *О. Г. Левченко* ..... 42

### Подготовка кадров

- Учебные программы на 2006 г. Межотраслевого учебно-аттестационного центра ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины ..... 45

### Выставки

- Международная специализированная выставка «МАШПРОМ–2005». *А. Беловол, В. Мотовилова, И. Брюховец* ..... 48

- Межгосударственные стандарты ..... 49

2005

ноябрь–декабрь



<b>Новини техніки і технологій</b> .....	3
<b>Виробничий досвід</b>	
○ Технології лазерного й плазмового різання, розроблені в ІЕЗ ім. Є. О. Патона для промислового впровадження. <i>В. Д. Шелягін, В. Ю. Хаскін, Ю. Н. Неведов, А. Г. Лукашенко</i> .....	6
○ Позапічна об'ємна термообробка корпусу сепаратора з нержавіючої сталі способом внутрішнього нагрівання. <i>А. І. Лавров, В. А. Бабкін, П. Б. Ловишев, М. Н. Трухан, І. М. Хакімов, П. М. Корольков</i> .....	10
○ Наплавлення валків трубопркатного стану порошковим дротом ВЕЛТЕК-N480NT. <i>П. Ф. Домбровський, Є. Ф. Чудаков, А. Н. Круподер, В. А. Войтенко, А. А. Голякевич, Л. М. Орлов</i> .....	12
<b>Поздоровляємо!</b>	
○ 70 років Костянтинові Андрійовичу Ющенко .....	13
○ 60 років Інституту Зварювання в Гливице. <i>Я. Пільярчик, А. Кайзерек</i> .....	14
○ Олександрові Миколайовичу Ткаченко — 60 років .....	17
<b>Наші консультації</b>	
<b>Технології і устаткування</b>	
○ Радикальне підвищення якості плазмових покриттів. <i>С. В. Петров</i> .....	20
○ Роботизований комплекс для ТІГ зварювання. <i>С. М. Атрошкін</i> .....	22
○ Клеї для інертних поверхонь. <i>К. В. Запунна, Т. Т. Тодосійчук, Ю. С. Ліпатов, Л. Н. Ященко, Г. Н. Кривченко, Л. Н. Перепеліцина, А. Н. Горбатенко</i> .....	24
○ Корозійостійкі й зносостійкі композиційні матеріали для наплавлення деталей металургійного устаткування. <i>І. М. Спирідонова, Є. В. Сухова, А. П. Ващенко</i> .....	26
○ Обмежник напруги холостого ходу ОНТ-1 для зварювальних трансформаторів. <i>А. В. Василенко</i> .....	31
○ Новий матеріал «Салут КХС» для виготовлення гальванічних ванн. <i>С. В. Малугін, М. М. Смирнов, Н. В. Давидкін, А. С. Малугін</i> .....	32
○ Керування якістю зварювання на основі причинно-наслідкових зв'язків утворення дефектів зварних з'єднань трубопроводів і металокопункцій. <i>П. В. Занковець</i> .....	34
○ Нова версія програми для аналізу зварювальних процесів на змінному струмі. <i>Л. А. Жданов, В. Т. Котик, В. М. Коперсак, В. Л. Коваленко, В. В. Чабанов</i> .....	38
<b>Конференції й семінари</b>	
○ Дугове зварювання. Матеріали і якість. Науково-практичний семінар. <i>П. В. Ігнатченко</i> .....	41
<b>Охорона праці</b>	
○ Шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні. Частина I. <i>О. Г. Левченко</i> .....	42
<b>Підготовка кадрів</b>	
○ Навчальні програми на 2006 р. Міжгалузевого учбово-атестаційного центру ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України .....	45
<b>Виставки</b>	
○ Міжнародна спеціалізована виставка «МАШПРОМ-2005». <i>А. Беловол, В. Мотовилова, І. Бруховець</i> .....	48
● Міждержавні стандарти .....	49
<b>CONTENT</b>	
<b>News of technique and technologies</b> .....	3
<b>Industrial experience</b>	
○ Technologies of laser and plasma cutting, which are developed in the E. O. Paton Electric Welding Institute for industrial implementation. <i>V. D. Shelyagin, V. Y. Haskin, Y. N. Nefedov, A. G. Lukashenko</i> .....	6
○ Off-furnace volumetric heat treatment of the case of separator from corrosion-proof steel by a way of internal heating. <i>A. I. Lavrov, V. A. Babkin, P. B. Lovirev, M. N. Truhan, I. M. Hakimov, P. M. Korolkov</i> .....	10
○ Cladding of rolls of pipe rolling by a powder wire WELTEK-N480NT. <i>P. F. Dombrowskiy, E. F. Chudakov, V. A. Krupoder, V. A. Voytenko, A. A. Golyakevich, L. N. Orlov</i> .....	12
<b>We congratulate!</b>	
○ 70 years of K. A. Yushchenko .....	13
○ 60 years of Institute of Welding in Gliwice. <i>I. Pilyarchik, A. Kayzerek</i> .....	14
○ A. N. Tkachenko — 60 years .....	17
<b>Our consultations</b>	
<b>Technologies and equipment</b>	
○ Radical increase of quality of plasma coatings. <i>S. V. Petrov</i> .....	20
○ Robotic complex for TIG welding. <i>S. M. Atroshkin</i> .....	22
○ Glues for inert surfaces. <i>K. V. Zapunnaya, T. T. Todosiychuk, Yu. A. Lipatov, L. N. Yashchenko, G. N. Krivchenko, L. N. Perepelitsina, A. N. Gorbatenko</i> .....	24
○ Corrosion-resisting and wear resisting composite materials for cladding of details of the metallurgical equipment. <i>I. M. Spiridonova, E. V. Suhovaya, A. P. Vashchenko</i> .....	26
○ The limiter ONT-1 of a voltage of idding of welding transformers. <i>A. V. Vasilenko</i> .....	31
○ New material «Salute KKhS» for manufacturing of galvanic baths. <i>S. V. Malugin, M. M. Smirnov, N. V. Davydkin, A. S. Malugin</i> .....	32
○ Quality management of welding on the basis of causal-resultative bonds of formation of defects of welded joints of pipelines and metal structures. <i>P. V. Zankovets</i> .....	34
○ The new version of the program for the analysis of welding processes on an alternating current. <i>L. A. Zhdanov, V. T. Kotik, V. N. Kopersak, V. L. Kovalenko, V. V. Chabanov</i> .....	38
<b>Conferences and seminars</b>	
○ Arc welding. Materials and quality. A scientific-practical seminar. <i>P. V. Ignatchenko</i> .....	41
<b>Labor protection</b>	
○ Noxious substances which are at welding. Part I. <i>O. G. Levchenko</i> .....	42
<b>Training</b>	
○ The educational programs on 2006 in Interbranch training centre of E. O. Paton Electric Welding Institute .....	45
<b>Exhibitions</b>	
○ The international specialized exhibition «MASHПРОМ-2005». <i>A. Belovol, V. Motovilova, I. Bruhovets</i> .....	48
● Interstate standards .....	49

# Сварщик

Технології  
Виробництво  
Сервіс



Інформаційно-технічний журнал



## 6 (46) 2005

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

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

Свідоцтво про реєстрацію KB № 3102 від 09.03.98

### Засновники

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

### Видавець

ДВП «Екотехнологія»

### Видання журналу підтримують

Товариство зварників України,  
Національний технічний університет  
України «КПІ»



Журнал видається за сприяння  
UNIDO

### Головний редактор

К. А. Ющенко

### Заст. головного редактора

Б. В. Юрлов, Є. К. Доброхотова

### Редакційна колегія

В. В. Андрєєв, В. М. Бернадський,  
Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко,  
В. М. Ілющенко, А. А. Кайдалов,  
О. Г. Левченко, П. П. Проценко,  
І. О. Рябцев

### Редакційна рада

В. Г. Фартушний (голова),  
М. М. Кононов, П. О. Косенко,  
М. О. Лактіонов, Я. І. Микитін,  
Г. В. Павленко, В. М. Проскудін,  
О. Д. Розмишляев, О. В. Щербак

### Редакція

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

### Маркетинг і реклама

Є. Б. Юрлов, В. Г. Абрамівські

### Верстка

Т. Д. Пашигорова, А. Є. Рубльова

### Адреса редакції

03150 Київ, вул. Горького, 62

### Телефон

+380 44 528 3523, 287 6502

### Факс

+380 44 287 6502

### E-mail

welder@welder.kiev.ua

### URL

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

### Представництво в Білорусі

Мінськ  
В'ячеслав Дмитрович Сиваков  
+375 17 213 1991, 246 4245

### Представництво в Росії

Москва  
Олександр Миколайович Тимчук  
+7 095 291 7733 (т./ф.)  
e-mail: welder@sovintel.ru  
www.welder.ru  
ТОВ «АНТ «Інтеграція»

### Представництво в Прибалтіці

Рига, Яніс Андерсонс  
+371 7 538 974, +371 7 538 345 (ф.)  
e-mail: janis37@navigator.lv  
Вільнюс, Олександр Шахов  
+370 2 47 4301  
ПФ «Рекламос Центрас»

### Представництво в Болгарії

Софія, Стоян Томанов  
+359 2 953 0841, 954 9451 (т./ф.)  
e-mail: evertood@mail.bg  
ООД «Евєрт-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 повертаються.

Редакція залишає за собою право редагувати 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 05.12.2005. Формат 60×84 1/8.

Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура

PetersburgCTT. Ум. друк. арк. 5.0. Обл.-вид. арк. 5.2.

Зам. № 05/12 від 05.12.2005. Наклад 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопринт Україна», 2005.

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

Тел. (044) 289–0879, 287–4280.

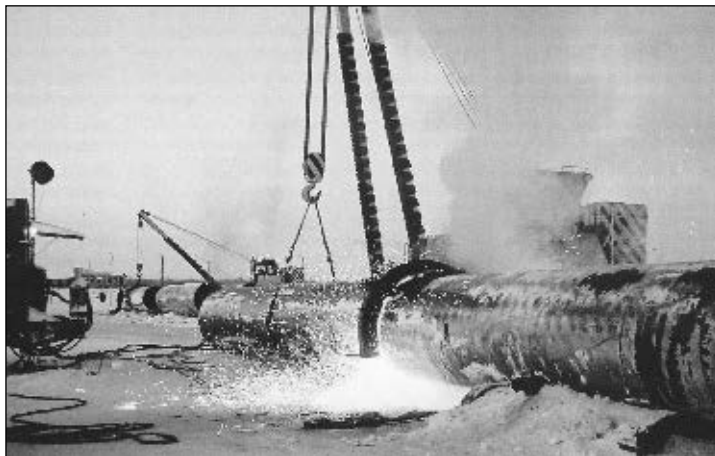
© «Екотехнологія», 2005



## Сварочный комплекс «Север»

Работы над созданием сварочного комплекса «Север» были начаты специалистами Миннефтегазстроя СССР, Всесоюзного научно-исследовательского института строительства магистральных трубопроводов (ВНИИСТ) и Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины. Современный комплекс «Север» по производительности практически не уступает оборудованию американской фирмы CRCEvants: продолжительность сварки одного стыка на российской установке (вместе с последующим снятием внутреннего и внешнего грата) составляет 10 минут, на американской — 7 минут; за смену «Север» делает 24 стыка, а CRCEvants — 34,2 стыка. Американский комплекс обслуживают 48 человек, российский — 13 рабочих.

Контактная сварка труб комплексом «Север» сертифицирована и отвечает всем международным стандартам.



ООО «Сибрегионгазстрой» имеет три автоматических комплекса «Север», все они успешно работают на строящихся объектах и постоянно совершенствуются. Операции, выполняемые машинами в автоматическом режиме, полностью компьютеризированы, что обеспечивает высокий уровень управления и контроля качества работ. ● #604

*Издание конференции «Трубопроводный транспорт 2005» (май 2005 г.).*

## Легкие конструкционные материалы

Проблема снижения массы сварных конструкций наиболее актуальна для отраслей транспортного машиностроения (производство автомобилей и рельсового транспорта), а также в строительстве (производство тонкостенных металлоконструкций и отделочных фрагментов). Уже сформировался новый, самостоятельный тип металлоконструкций — «легкие или облегченные сварные конструкции».

Снижение массы металлоконструкций, как правило, осуществляют за счет рационального их проектирования, применения высоких технологий производства и применения новых прогрессивных конструкционных материалов. При этом применение новых материалов в большинстве случаев позволяет находить нестандартные конструктивные решения и разрабатывать принципиально отличные технологии обработки и соединения элементов сварных конструкций.

Одним из наиболее перспективных путей снижения массы металлоконструкций является переход к применению вместо традиционного материала (стали) альтернативных конструкционных материалов — сплавов алюминия и конструкционных пластмасс. Алюминий по многим параметрам значительно превосходит другие кон-

струкционные материалы: он втрое легче стали, практически не подвержен коррозии и обладает высокой прочностью. Однако широкое использование алюминия ограничивает его высокая стоимость, он в 5–8 раз дороже стали.

В условиях растущей конкуренции за рынки и отрасли потребления производители стали интенсивно разрабатывают тонколистовые стали повышенной и высокой прочности, сохраняющие при этом высокую пластичность, необходимую при гибке и штамповке, а также хорошую свариваемость. Сортамент таких сталей достаточно широк. Определенные классы этих сталей отличаются не только механическими и технологическими свойствами, но и химическим составом и технологией металлургического производства.

Институт Макса Планка по исследованиям металлов (Max-Planck-Institut Fur Metallforschung) в ФРГ на основе системы Fe–Mn–Al–C разработал принципиально новое поколение сталей для легких или облегченных конструкций, так называемые «легкие конструкционные материалы».

Типичное содержание элементов в новых сталях следующее: Mn<28%, C<1,1%, Al>8%. За счет изменения химического состава сплава можно целенаправленно изменять пластические и прочностные свойства материала. Эти стали характеризуют высокое временное сопротивление при растяжении (700–1000 МПа), чрезвычайно высокое значение удлинения (до 70%), прекрасные способности к глубокой вытяжке, хорошая свариваемость и, самое главное, низкая плотность (6,6–7,0 г/см<sup>3</sup>). Особенно перспективно применение данных сталей при изготовлении деталей и узлов машин, испытывающих ударные виды нагружения, а в строительстве — подвергаемых сейсмическим воздействиям. ● #605

[www.mf.mpg.de](http://www.mf.mpg.de)

## Новый распределительный газовый коллектор

Высокопроизводительную гибкую газовую систему распределения (фирма CONCOA, США) можно использовать как для



газоотбора, так и в качестве вентиля. Коллектор также может служить в качестве распределительного оборудования при лазерной обработке материалов.

Газовый коллектор с внутренним диаметром канала 0,5" обеспечивает отличную плотность потока жидкости из баллонов или газов из сосудов высокого давления. Серия микроколлекторов адаптирована к 24–72-

дюймовым шлангам из тефлона и нержавеющей стали. Они также оборудованы диском безопасности для герметизации при повышении давления. При использовании коллекторов этой серии в качестве вентиля обеспечивается выравнивание давления жидкости в баллонах, увеличивается производительность. Имеющиеся на коллекторах отверстия, компенсирующие избыточный поток жидкости, предотвращают разбрызгивание в процессе присоединения шланга при смене баллона. Вентильный коллектор совместно с системой Intelli-Switch исключает остаточные потери жидкости благодаря обеспечению равного расхода и упрощает обслуживание баллонов.

Коллекторы изготовлены из латунного пруткового проката диаметром 229 мм и весят около 2 кг. Максимальное регулируемое давление 21 МПа. Коллектор можно эксплуатировать при температуре от минус 18 до плюс 60 °С.

● #606

[www.concoa.com](http://www.concoa.com)

## Ультразвуковая установка для упрочняющей обработки сварных соединений

Новая ультразвуковая установка российской компании ООО «Ультразвуковая техника — ИНЛАБ» (С.-Петербург) предназначена для упрочняющей обработки сварных соединений металлоконструкций, эксплуатируемых при переменных нагрузках, методом ударного деформирования на ультразвуковой частоте.

Ультразвуковая ударная обработка оказывает комплексное воздействие на сварной узел:

- снижает концентрацию напряжений на грузки в сварном соединении;
- создает на обрабатываемой поверхности упрочняющий слой с повышенной сопротивляемостью к образованию трещин;
- выгодно перераспределяет остаточные сварочные напряжения в сварном шве и зоне термического влияния.



Установка состоит из ультразвукового инструмента, ультразвукового генератора ИЛ10–0,63 и соединительных элементов. Для работы в цехе и в полевых условиях комплекс дополнительно комплектуют автономной системой охлаждения и киоском для перемещения и хранения.

**Техническая характеристика:**

### УЗ генератор ИЛ10–0,6

Рабочая частота, кГц. . . . .	22
Выходная мощность, Вт. . . . .	630
Напряжение питания, В. . . . .	220
Масса, кг . . . . .	7,5
Габаритные размеры, мм. . . . .	270×370×160

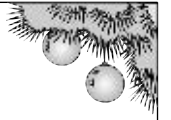
### УЗ инструмент

Собственная частота, кГц . . . . .	22/27
Амплитуда перемещений на выходном конце колебательной системы, мкм . . . . .	35
Длина соединительного кабеля, м. . . . .	6
Преобразователь . . . . .	Водоохлаждаемый
Масса, кг . . . . .	3,5
Габаритные размеры, мм. . . . .	455×180×75

Глубина деформирования до 1,5 мм (создание сжимающих напряжений), взаимодействие на уровне дислокаций — до уровня эффективного прохождения ультразвуковой волны, т. е. практически на всю толщину обрабатываемого металла. Возможна обработка любых металлов и сплавов.

● #607

[www.utinlab.ru/item10.html](http://www.utinlab.ru/item10.html)



## Газоразборные посты горючего газа и кислорода

Газоразборные посты «Эффект-ПГГ» (табл. 1) и «Эффект ПГК» (табл. 2) предназначены для питания резаков соответственно природным газом либо пропан-бутаном и кислородом при газокислородной резке низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной 200 мм. Они

прошли опытно-промышленные испытания на Днепропетровском металлургическом заводе им. Дзержинского и рекомендованы к серийному производству.

Газоразборные посты приняты «Гипросталью» в качестве базовой модели для комплектования металлургических заводов Украины и уже внедрены на Алчевском металлургическом и Волжском трубном заводах (Россия). ● #608

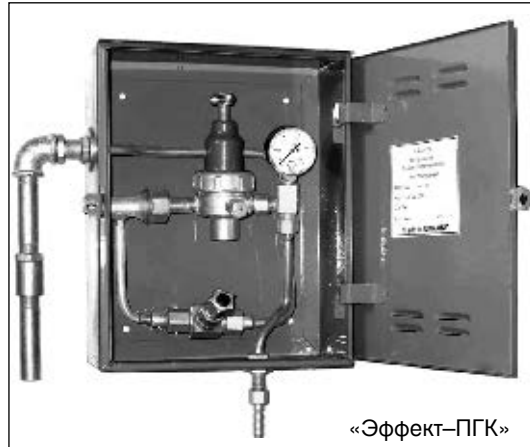
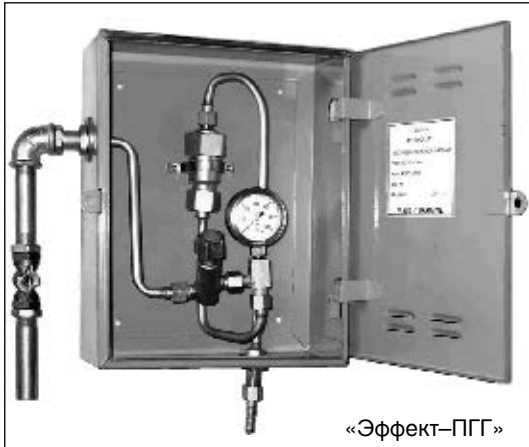


Таблица 1. Характеристика газоразборного поста «Эффект-ПГГ»

Показатель	Норма
Применяемые горючие газы:	
природный газ	ГОСТ 5542-87
пропан-бутан	ДСТУ 4047-2001
Давление на входе в пост, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более	0,15 (1,5)
Расход газа, м <sup>3</sup> /ч, не более	10,00
Масса поста, кг, не более	4,50
Габаритные размеры, мм, не более	320×260×125*
Размеры присоединительных штуцеров	Вход G 1/2", выход M16×1,5LH

\* Без учета размера крана и ниппелей.

Таблица 2. Характеристика газоразборного поста «Эффект ПГК»

Показатель	Норма	
	ПГК-10	ПГК-40
Применяемый газ — кислород	Сорт 1 по ГОСТ 5583-78	
Максимальное давление кислорода на входе в пост, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более	0,2-1,6 (2-16)	0,3-1,6 (3,0-16,0)
Максимальное рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,01-1,0 (0,1-10,0)	0,1-1,2 (1,0-12,0)
Тип применяемого редуктора	СКО-10-2	БКО-50-4
Масса поста, кг, не более	5,70	
Габаритные размеры, мм, не более	320×260×125*	
Размеры присоединительных штуцеров	Вход G 1/2", выход M 16×1,5	

\* Без учета размера подводных патрубков и ниппеля.

М. М. Лилько, А. А. Мацкевич, В. Д. Кодра, АО «Эффект» (Одесса)



# Технологии лазерной и плазменной резки, разработанные в ИЭС им. Е. О. Патона для промышленного внедрения

*В. Д. Шелягин, В. Ю. Хаскин, Ю. Н. Нефедов, кандидаты техн. наук,  
А. Г. Лукашенко, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины*

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработан ряд лазерных и плазменных технологий. Среди них наиболее широкое применение в современной промышленности находят технологии резки, гравировки и маркировки. Менее востребованы технологии нанесения покрытий, наплавки и термообработки. Что касается технологий сварки, то их востребованность значительно уступает технологиям резки и даже нанесения покрытий. Реже всего применяют лазерную сварку. Поэтому при разработке технологий и изготовлении современных комплексов с компьютерным управлением внимание в первую очередь уделяли лазерной и плазменной резке.

Лазерная резка позволяет осуществлять высококачественное разделение как металлов, так и неметаллов. При этом достигается не только высокая производительность, но и точность (порядка  $\pm 0,01$  мм), параллельность стенок реза, их малая шероховатость ( $R_a=2,5$  мкм), перпендикулярность кромок плоскости реза, отсутствие остаточных деформаций вырезанных деталей. Лазерная резка обеспечивает возможность получения острых углов с радиусом скруг-

ления до 0,01–0,10 мм. Ширина реза составляет 0,5–1,0 мм. При лазерной резке по сравнению с другими методами термической резки образуется меньше вредных аэрозолей и графа, что улучшает санитарно-гигиенические показатели производства, особенно массового.

Разработан автоматизированный комплекс для резки с компьютерным управлением и  $\text{CO}_2$ -лазером мощностью до 1,0–1,5 кВт. Комплекс можно комплектовать любым технологическим лазером. На *рис. 1* показан технологический комплекс, где использован модернизированный болгарский лазер «Хебр-1А» мощностью до 1,3 кВт 1989 г. выпуска. Для перемещения летающей оптики применен трехкоординатный манипулятор «Гранит-1600» оригинальной разработки. Балка координаты Y и каретка координаты X перемещаются по шлифованному гранитному направляющему на воздушной подушке (давление сжатого воздуха свыше 0,3 МПа) с помощью электродвигателей с линейно развернутым статором. Перемещение режущей головки (координата Z) осуществляет электродвигатель с вращающимся ротором. Величины перемещения инструмента (режущей головки) по координатам составляют до X:Y:Z = 1500:1000:50 мм при рабочей скорости в автоматическом режиме от 0,01 до 22 м/мин. Точность позиционирования инструмента не хуже  $\pm 3$  мкм/м. В случае комплектации комплекса другим манипулятором возможно увеличение ходов до 6000 мм.

Для стабилизации положения фокуса относительно разрезаемого листа металла использован кольцевой емкостный датчик, который расположен вокруг режущего сопла. В оптическом тракте предусмотрены два водоохлаждаемых поворотных зеркала из позолоченного кремния и фокусирующая линза из просветленного селенида цинка. Линзы имеют фокусное расстояние



Рис. 1. Автоматизированный технологический комплекс с компьютерным управлением для лазерной резки на базе модернизированного  $\text{CO}_2$ -лазера «Хебр-1А», созданный в ИЭС им. Е. О. Патона

100 и 150 мм. Для продления срока эксплуатации линз и их термической стабилизации в лазерном резаче собственной конструкции предусмотрено специальное воздушное охлаждение (рис. 2).

При помощи описанного комплекса возможна лазерная резка металлов (стали, титановые сплавы) толщиной до 6–8 мм; неметаллов (древесина, МДФ, пластик, акрил, резина и др.) толщиной до 40 мм (табл. 1). Возможна также гравировка и маркировка. В качестве режущих газов можно применять сжатый воздух, кислород или их смеси. В особо ответственных случаях (когда недопустимо насыщение кромок реза кислородом) могут быть использованы азот или аргон. Разработано программное обеспечение компьютеризованных комплексов для лазерной и плазменной резки. Оно позволяет автоматически конвертировать составленный в прикладном пакете AutoCAD чертеж вырезаемой детали в управляющую программу для комплекса.

Плазменная резка находит широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря высокой производительности, экономичности и качеству (в первую очередь низкой шероховатости кромок реза). Ее применяют для контурной резки черных и цветных металлов и сплавов толщиной от 1 до 90 мм. В ИЭС им. Е. О. Патона разработан комплекс для плазменной резки с компьютерным управлением на базе манипулятора «Ласточка-1» с перемещением инструмента по координатам до X:Y:Z=3000:2000:100 мм при рабочей скорости в автоматическом режи-

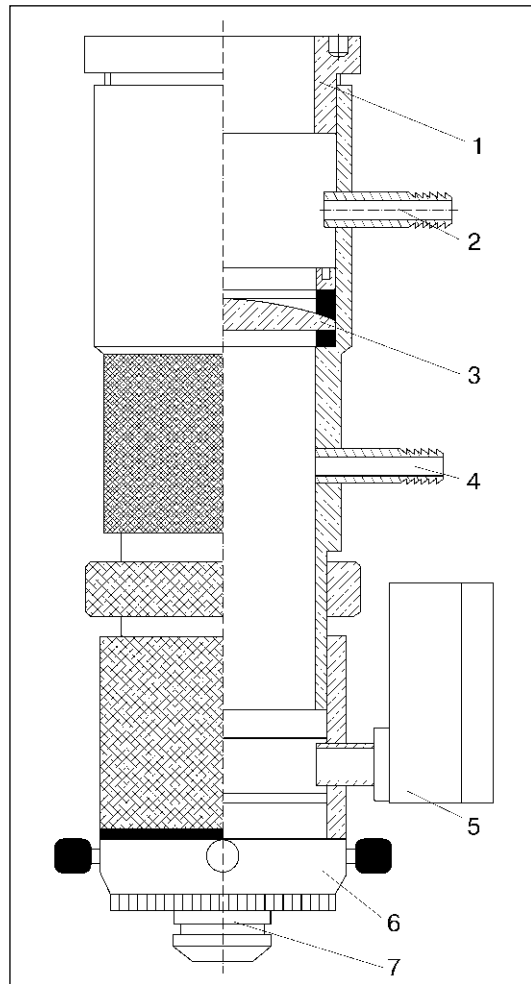


Рис. 2. Схема конструкции лазерного резача, примененного в технологическом комплексе для лазерной резки корпусов дисковых пил: 1 — корпус; 2 — штуцер воздушного охлаждения линзы; 3 — фокусирующая линза; 4 — штуцер для подачи режущего газа; 5 — манометр; 6 — система центровки режущего сопла; 7 — режущее сопло

Таблица 1. Характерные режимы лазерной резки

Материал	Толщина материала, мм	Мощность излучения, кВт	Скорость резки, м/мин	Режущий газ	Давление режущего газа, МПа
Сталь углеродистая	1,0	0,6	1,5	Воздух	0,55
	6,0	0,8	0,6		0,6
Сталь нержавеющая	1,0	0,7	1,3	Кислород	0,38
	3,0	0,4	0,8		0,38
Титан	2,0	0,4	0,8	Воздух	0,3–0,4
Древесина	20	0,5	0,7		0,6
Фанера	10	0,6–0,7	1,2–1,5		0,6
Пластик	15	0,7–0,8	1,5		0,5
Органическое стекло	40	0,4–0,5	0,2		0,6
Резина	10	0,6	1,5		0,6
Картон (ламинат)	3	0,1–0,2	3,0		0,6
Поролон	30	0,1–0,2	1,5		0,6

Примечание. Диаметр режущего сопла 1,0–1,2 мм.

Таблица 2. Характерные режимы плазменной резки

Материал	Толщина материала, мм	Сила рабочего тока, А	Скорость резки, м/мин	Плазмобразующий газ	Давление газа, МПа
Сталь углеродистая (65Г, Ст3)	10	100	0,23–0,26	Воздух	Не более 0,8
Сталь нержавеющая (X18H9T)	8	80	0,23–0,26		
Медь (М1, М2)	10	120	0,1–0,13		
Алюминий (АМг–6, А30)	20	120	0,17–0,2		

Примечание. Диаметр режущего сопла 1,6–2,0 мм, напряжение холостого хода 200 В, мощность источника 25 кВт.

ме от 0,01 до 30 м/мин (рис. 3). Источник питания, за основу которого взят комплекс «АТР–404», снабжен оригинальными плазмотронами.

В настоящее время наряду с широким применением воздушно-плазменной резки наиболее активно развиваются два направления, позволяющие улучшить экологию и повысить производительность процесса плазменной резки металлов. Это – плазменная резка с использованием подачи в плазменный резак в качестве плазмобразующего и защитного нескольких газов, а также дополнительной подачи воды в зону горения режущей дуги.

Вода связывает и уносит вредные аэрозоли и шлам, что значительно улучшает экологию окружающей среды и условия труда. Кроме того, она обеспечивает высокую концентрацию энергии плазменной дуги, в результате чего повышается производительность процесса. При этом уменьшаются тепловые деформации вырезаемых деталей, повышается качество кромок реза. Известны три способа использования воды при резке металлов:

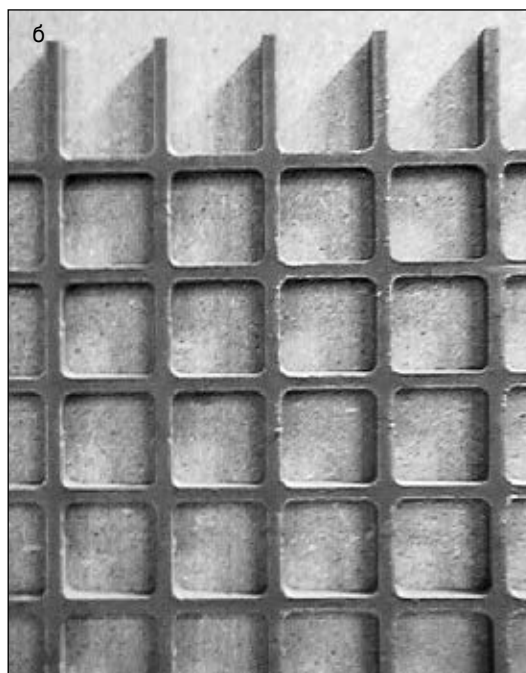


Рис. 3. Автоматизированный технологический комплекс с компьютерным управлением для контурной плазменной резки

Рис. 4. Детали, полученные лазерной (а) и плазменной (б) резкой



- инъекция воды в столб плазменной дуги, что заметно повышает концентрацию энергии;
- создание вокруг плазменной дуги водяной завесы (водяного колокола), что улучшает экологию процесса резки и условия труда (дым, пыль, аэрозоли частично связывает вода);
- резка под слоем воды, в том числе с применением инъекции воды в плазменную дугу. В последнем случае вредные выделения уменьшаются на 99,5%, соответственно практически исчезает шум и поглощается интенсивное излучение плазменной дуги.

За счет использования различных комбинаций плазмообразующего и защитного газов, подаваемых в плазменные резаки (воздух, кислород, азот, аргон, водород, смеси газов), можно влиять на износ деталей (электродов и сопел), толщину разрезаемого металла, скорость и качество резки, экологию окружающей среды. Защитный газ, подаваемый в плазменный резак одновременно с плазмообразующим, повышает качество резки, дополнительно охлаждает детали резака, а также обеспечивает некоторое повышение скорости резки, стабильности и прорезающей способности плазменной дуги. Расход защитного газа может быть до четырех раз больше плазмообразующего в зависимости от технологии резки и конструкции плазменного резака. Повышение скорости процесса и высокое качество резки имеют место при использовании в качестве плазмообразующего газа кислорода, а в качестве защитного — воздуха. В последнем случае азотирование поверхности реза не наблюдается, грат практически отсутствует, перпендикулярность реза (скос кромок) уменьшается до 0–5°.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан технологический ряд плазменных резаков как для механизированной, так и для ручной разделки металлов толщиной от 1 до 90 мм, в которых по возможности использованы в различных сочетаниях оба рассмотренных направления технологической оптимизации плазменной резки (табл. 2). Основная деталь всех плазменных резаков — охлаждаемый электрод-катод — выполнен по разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона технологии, позволяющей значительно повысить ресурс эксплуатации. Резаки могут функционировать с источниками питания для плазменной резки,

рассчитанными на соответствующий для каждого резака диапазон силы тока и при необходимости обеспечивающими раздельную подачу в плазменный резак двух газов, а также программирование силы тока дежурной дуги и расхода плазмообразующего газа при формировании режущей плазменной дуги. Возможно использование установленной отдельно либо встроенной в источник питания замкнутой системы охлаждения плазменного резака (бесперебойное автоматическое охлаждение), заполненной жидкостью с низкой температурой замерзания и повышенной теплоотводящей способностью.

На рис. 4 показано несколько деталей, полученных лазерной и плазменной резкой.

● #609



### «Снежная» механическая обработка

Ученые из Калифорнийского университета, проводившие исследования в Национальной лаборатории Лос-Аламоса, разработали новую технологию механической обработки, в которой используется струя твердого диоксида углерода  $\text{CO}_2$  для охлаждения или смазки металлических поверхностей и удаления стружки в процессе обработки. Так называемая «снежная» обработка может заменить углеводородные или синтетические жидкости, применяемые в промышленности при резке металла и очистке поверхности.

При «снежной» обработке высокоскоростной поток микрочастиц сухого льда создается в процессе адиабатического расширения жидкого диоксида углерода, проходящего через сопло диаметром 0,3 мм. В результате частицы  $\text{CO}_2$  действуют как механическая сила, удаляя стружку и в то же время охлаждая и смазывая поверхность.

Использование «снежного» потока позволяет в процессе механической обработки практически свести к нулю вредные выбросы в окружающую атмосферу. Другие преимущества этой технологии по сравнению с традиционной заключаются в том, что диоксид углерода является недорогим, невоспламеняющимся, возможна его рециркуляция. Работы в этом направлении велись в рамках программы по развитию ядерного оружия. Дальнейшее продвижение технологии для использования «сухой» механической обработки во многих производственных процессах ограничивалось небольшой глубиной реза — 0,025 мм и скоростью подачи 0,005 мм за оборот. «Снежная» технология подтвердила преимущества «сухой» механической обработки, продемонстрировала высокий уровень качества обработки поверхности и возможность увеличения жизненного цикла режущего инструмента.

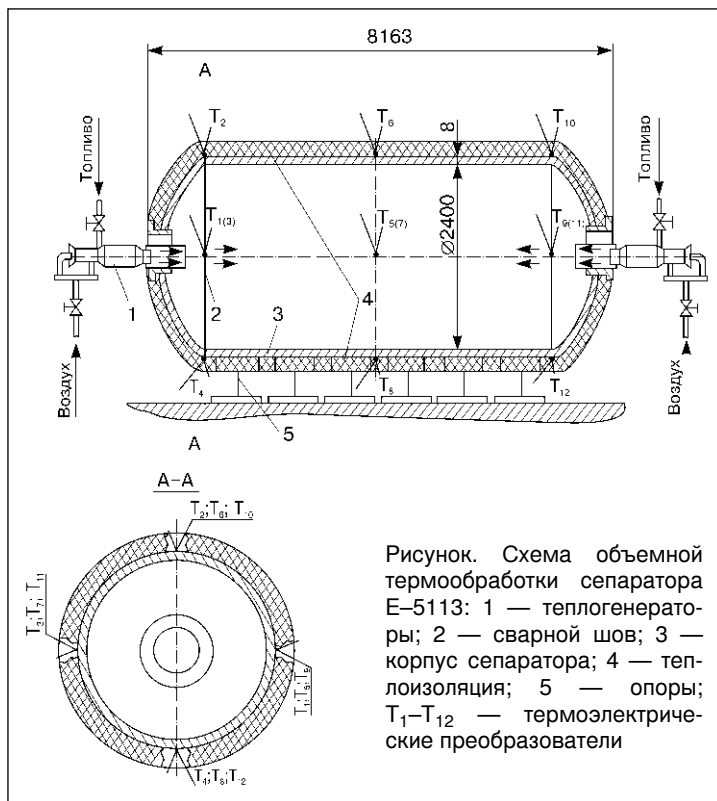
[www.lanl.gov/news](http://www.lanl.gov/news)

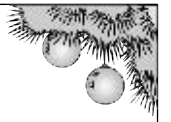
# Внепечная объемная термообработка корпуса сепаратора из нержавеющей стали способом внутреннего нагрева

А. И. Лавров, В. А. Бабкин, П. Б. Ловырев, М. Н. Трухан, ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»,  
И. М. Хакимов, ОАО «Уралтехнострой-Туймазыхиммаш»,  
П. М. Корольков, ОАО «ВНИИМонтажспецстрой» (Россия)

Объемная термическая обработка сварных сосудов давления из аустенитных коррозионностойких (нержавеющих) сталей является сложным технологическим процессом, при выполнении которого следует учитывать такие свойства этих сталей, как высокие коэффициенты теплопроводности и особенно линейного расширения, теплоемкость и др. Основные трудности при термообработке таких конструкций возникают из-за необходимости высокой температуры нагрева и охлаждения сварного соединения после окончания выдержки на спокойном воздухе. Чаще всего термообработку проводят по режиму стабилизирующего отжига с целью снижения уровня сварочных напряжений и повышения стойкости сварных соединений к возникновению межкристаллитной коррозии. Если охлаждение проводят под слоем теплоизоляции, то итогом термообработки является только снижение уровня сварочных напряжений.

Обычно такую термообработку сварных сосудов давления выполняют в стационарных термических печах, размеры которых позволяют разместить конструкцию целиком во внутреннем объеме печи. При этом внутри термически обрабатываемого сосуда устанавливают распорки или оснастку, исключающие возможность температурной деформации. При отсутствии на заводе-изготовителе соответствующего термического оборудования возникает необходимость во внепечной объемной термообработке. Такая необходимость возникла на предприятии ОАО «Уралтехнострой-Туймазыхиммаш» при изготовлении сепаратора Е-5113 из стали 12Х18Н10Т. Практический опыт проведения подобной термообработки отсутствовал, что потребовало от персонала термистов серьезного обоснования возможности внепечного нагрева при тщательном соблюдении всех технологических требований. Для проведения термообработки был привлечен персонал ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» (Волгоград), являющийся разработчиком методики внепечного нагрева с использованием газообразного теплоносителя, получаемого в теплогенераторах. Непосредственно термообработку проводил персонал завода-изготовителя сепаратора при авторском надзоре специалистов ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры». Размеры сепаратора: наружный диаметр 2,4 м, длина 8,16 м, толщина стенки 8 мм, масса сепаратора 8 т. По требованию проекта сепаратор после сборки должен быть подвергнут объемной термообработке по режиму стабилизирующего отжига с нагревом до 860–900 °С. При высокотемпературном нагреве в течение нескольких часов и выдержке при 860–900 °С возникала опасность получения значительной деформации корпуса сепаратора из-за небольшой толщины его стенки.





Для принятия решения о применении указанного способа был проведен расчет прочностной устойчивости аппарата, результаты которого подтверждали, что необходимые механические свойства при температуре 900 °С обеспечиваются без дополнительных внутренних укрепляющих устройств и соответственно отпадает необходимость их изготовления и установки.

Полученные расчетные данные явились основанием для последующей разработки и внедрения технологии объемного внепечного нагрева корпуса сепаратора.

Технология нагрева предусматривала подготовку аппарата к термообработке, которая заключалась в установке его в горизонтальном положении на шесть опор, предварительно накрытых теплоизоляцией. Выбранное количество опор и площадь их поверхности в значительной степени снижали нагрузку на корпус от действия собственной массы. Корпус сепаратора не был жестко закреплен на этих опорах, что обеспечивало возможность беспрепятственного его расширения при нагреве и сокращения при охлаждении. После установки на опоры всю поверхность корпуса накрыли теплоизоляцией. В имеющихся на днищах люках (штуцерах) установили устройства ввода теплоносителя, совмещенные с теплогенераторами, а в характерных точках корпуса — термоэлектрические преобразователи типа ТХА (К), соединенные с прибором контроля и регистрации температуры (рисунки). Корпус сепаратора накрыли двумя слоями теплоизоляции. Первый слой толщиной 20 мм представлял собой высокотемпературный муллитокремнеземный войлок МКРВ-200, второй слой толщиной 60 мм состоял из базальтового волокна МБОР-5.

Процесс проведения термообработки заключался в нагреве внутреннего объема сепаратора продуктами сгорания дизельного топлива, полученными в теплогенераторных устройствах. Нагрев осуществляли двумя устройствами, установленными напротив друг друга вдоль продольной оси корпуса. Режим работы теплогенераторов регулировали, изменяя подачу топлива и воздуха в камеру сгорания. Высокая скорость ввода теплоносителя во внутреннее пространство сепаратора обеспечивала интенсивную рециркуляцию продуктов сгорания в его внутреннем объеме и способствовала равномерному распределению температуры по всей нагреваемой поверхнос-

ти. Выхлоп отработанного теплоносителя осуществлялся через штуцеры, в которых были установлены теплогенераторы.

Перепад температур по длине и диаметру корпуса в период нагрева до заданной температуры 860 °С не превышал 30 °С и 20 °С — в период выдержки. Скорость нагрева составляла 150 °С/ч, время выдержки в температурном интервале 840–860 °С — 2,5 ч. Скорость охлаждения 100 °С/ч. Общий цикл термообработки 14 ч без подготовительных мероприятий. После окончания термообработки сварные швы подвергли рентгеновскому контролю, а весь корпус сепаратора — гидравлическим испытаниям. Дефектов обнаружено не было.

Применение данного способа и оборудования для внепечного объемного нагрева позволило провести высокотемпературную термообработку сепаратора при отсутствии на заводе-изготовителе необходимого парка термических печей.

Настоящая технология может быть рекомендована для широкого применения при условии тщательной инженерной подготовки.

Во избежание потери геометрической формы изделия при высокотемпературном нагреве в каждом конкретном случае необходимы дифференцированный подход к его выполнению, расчет прочностной устойчивости аппарата и при необходимости в отдельных случаях применение для этих целей специальной технологической оснастки.

● #610

ВНИМАНИЕ!



**Продолжается  
подписка-2006  
на журнал «Сварщик».**

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

# Наплавка валков трубопрокатного стана порошковой проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ

П. Ф. Домбровский, Е. Ф. Чудаков, А. Н. Крутодер, ЗАО «Нико Тьюб» (Никополь),  
В. А. Войтенко, ЧП «Войтенко», А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Киев)

В настоящее время актуальной является задача повышения эффективности использования трубопрокатных станов, в том числе путем увеличения срока службы валков между переточками.

Традиционно для наплавки валков первой клетки непрерывного стана, входящего в состав ТПА «30–102», эксплуатируемого на Никопольском заводе бесшовных труб ЗАО «Нико Тьюб», применяют порошковую проволоку ПП–Нп35В9ХЗСФ. Стойкость валков наиболее нагруженных клеток непрерывного стана не отвечает современным требованиям. После прокатки 1000–1200 т труб износ дна калибра валков достигает 3–5 мм, при этом на поверхности калибра образуются сетка разгара, риски, продольные и поперечные трещины, что ухудшает качество труб. Наличие глубоких рисок на поверхности калибров приводит к появлению закатанных дефектов на поверхности труб, которые очень трудно определить визуально непосредственно во время прокатки. Эти дефекты выявляются на завершающих стадиях производства труб при проведении неразрушающего контроля.

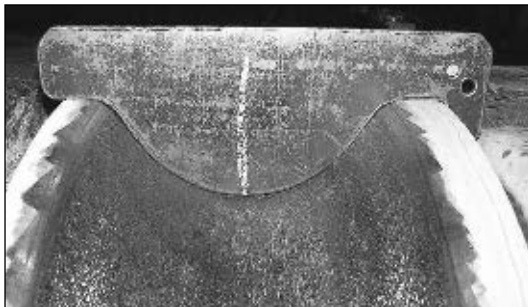


Рис. 1.  
Контроль степени износа профиля калибра

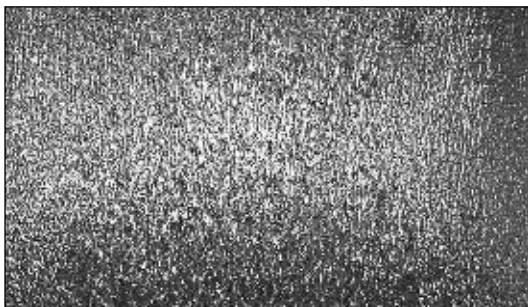


Рис. 2.  
Внешний вид поверхности калибра после прокатки 5000 т труб

ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» предложило применить для упрочняющей наплавки валков непрерывного стана порошковую проволоку ВЕЛТЕК–Н480НТ с системой легирования С–Si–Mn–Cr–V–Mo–W. Проволока обеспечивает устойчивый процесс наплавки под флюсами АН20С, АН26П на постоянном токе обратной полярности, легкую отделимость шлаковой корки, отсутствие трещин и пор в наплавленном металле. Твердость наплавленного металла 50–56 HRC<sub>3</sub> с отклонением ±1,5 HRC<sub>3</sub>.

Проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ наплавляли первую и вторую клетки непрерывного стана ТПА «30–102» согласно действующей на заводе технологии: в три слоя общей толщиной 10–12 мм по подслою, выполненному проволокой Св–08А под флюсом АН60.

Испытания проводили на валках первой и второй клетей как наиболее нагруженных. Валки первой клетки были извлечены из стана после прокатки 5000 т труб. Износ дна калибра валков составил 0,3–0,5 мм (рис. 1). Состояние поверхности калибров валков удовлетворительное, поверхность гладкая, без трещин (рис. 2). Износ дна калибров валков второй клетки составил 1,5–2,0 мм после прокатки 8790 т труб.

При повторной наплавке валков первой клетки проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ износ дна калибра валков остался на прежнем уровне после прокатки 5040 т труб с сохранением приемлемого состояния рабочей поверхности калибра. Следует отметить, что замена калибров была произведена не из-за их износа, а в связи с переходом на прокатку труб ответственного назначения, требующих согласно действующей технологии принудительной замены клетей. В процессе испытаний нареканий на качество наплавленного металла не отмечено.

По результатам опытных прокаток с использованием валков непрерывного стана, наплавленных проволокой ВЕЛТЕК–Н480НТ, признано рациональным проведение промышленных испытаний нового наплавочного материала. ● #611



# 70 лет Константину Андреевичу ЮЩЕНКО

*Этот год стал юбилейным для заместителя директора и руководителя отдела Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, академика НАН Украины, доктора технических наук, профессора, лауреата Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР, премии им. Е. О. Патона, заслуженного деятеля науки и техники Украины К. А. Ющенко.*  
**8 декабря 2005 г. Константину Андреевичу исполнилось 70 лет.**

В Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины К. А. Ющенко работает 47 лет. Основное направление его научной деятельности — новые металлические материалы, процессы их получения, технология сварки и обработки поверхности. Научная деятельность связана с созданием хорошо свариваемых сталей и сплавов, разработкой теоретических основ их сварки, в частности, для эксплуатации в экстремальных условиях при воздействии агрессивных сред, криогенных и высоких температур, облучения, сильных магнитных полей.

В 1962–1965 гг. Константином Андреевичем был выполнен цикл работ по теории сварки сталей ферритно-аустенитного класса. Были установлены закономерности изменения физико-механических и коррозионных свойств металла сварного соединения с многокомпонентным фазовым составом. Это послужило основой для разработки оригинальных систем экономно легированных никелем сталей и швов, создания сварочных материалов и процессов, обеспечивающих их широкое использование в химическом машиностроении.

С 1965 по 1995 гг. К. А. Ющенко возглавляет исследования по созданию новых конструкционных свариваемых сталей и сплавов для криогенной техники. Выполненные им работы по оптимизации составов стали и шва исходя из требований высокой удельной прочности, стойкости против охрупчивания при различных условиях нагружения в интервале температур 4,2–293 К, в том числе в сильных магнитных полях при радиационном облучении, термоударах, позволили создать гамму принципиально новых хорошо свариваемых сталей для криогенной техники, сварочных материалов и технологических процессов.

Более 50 новых марок стали, сварочной проволоки, электродов, флюсов, созданных под руководством и при участии К. А. Ющенко, используются в криогенном машиностроении. Они нашли применение в таких крупных национальных проектах, как «Буран», «Токамак-7», «Токамак-15», крупные имитаторы космоса, МГД-генераторы, устройства жизнеобеспечения и бортовые двигатели космических систем, новое поколение газотурбинных двигателей.

Развивая теоретические работы по материалам для сварки высоколегированных сталей, К. А. Ющенко разрабатывает новые положения и идеи о процессах, вызывающих образование трещин в швах при кристаллизации и повторных нагревах.

На основе исследования процессов охрупчивания высокохромистых сталей с ОЦК-структурой системы Fe–20Cr К. А. Ющенко предложил управлять сегрегационными явлениями при рекристаллизации металла за счет контролируемого диспергирования примесей по телу зерна. Эти работы открыли новое перспективное направление в разработке технологичных безникелевых коррозионностойких высокохромистых ферритных сталей типа 04X19AФТ с нитридно-ванадиевым микролегированием, которые широко применяются в промышленности.

В 1986–2005 гг. К. А. Ющенко участвует в работах по созданию материалов и процессов для обработки поверхности и нанесения покрытий. Он проводит исследования по разработке и применению специальных порошковых проволок для износостойкой и коррозионностойкой наплавки, новых видов проволоки и порошков на основе тугоплавких материалов, принципиально новых композиций сплавов с аморфной структурой. Новые материалы и процессы нашли применение в промышленности. Многие из них являются оригинальными, запатентованы и получили признание за рубежом. К ним относятся такие новые технологические процессы, как карбонанадирование, плазменная обработка, разрядно-импульсная обработка и микроплазменное напыление и наплавка.

В последние годы в сотрудничестве с ВИАМ (Москва) и создателями авиационных двигателей и газовых турбин ЗМК «Прогресс» им. Ивченко, «Мотор-Сич», КБ «Сатурн», «Заря-Машпроект» и др. разрабатываются технологии сварки жаропрочных сплавов и ремонта элементов газовых турбин. Совместно с СМНПО им. М. В. Фрунзе ведутся работы по новым технологиям и материалам для химического машиностроения.

Константин Андреевич Ющенко — автор более 650 опубликованных работ и изобретений, в числе которых 7 монографий. Под руководством К. А. Ющенко подготовлено более 35 кандидатских и 7 докторских диссертаций. Он ведет большую научно-организационную деятельность. В 1989 г. избран вице-президентом Международного института сварки. С 1986 по 1992 гг. — заместитель председателя Национального комитета СССР по сварке; с 1993 г. — председатель Национального комитета Украины по сварке; с 1990 г. — руководитель направления «Неразъемные соединения и покрытия», программы «Новые вещества и материалы». Возглавляет секцию по покрытиям научно-технического межгосударственного совета СНГ по получению и обработке новых материалов, с 1983 г. — член бюро Отделения физико-технических проблем материаловедения НАН Украины, член Специализированного совета по защите диссертаций при Институте электросварки им. Е. О. Патона, член редколлегии журнала «Автоматическая сварка» и главный редактор журнала «Сварщик».

С 1984 г. входит в руководящий состав международных организаций по криогенной технике и по криогенным материалам. Руководил выполнением ряда международных Европейских проектов.

Награжден Почетной Грамотой Верховного Совета УССР, орденом «Дружба народов», медалями. В 1990 г. избран член-корреспондентом Национальной академии наук Украины, а в 2003 г. — академиком НАНУ; в 1994 г. — действительным членом Международной электротехнической академии (Москва). С 1983 г. К. А. Ющенко работает заместителем директора по научной работе Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины.

**От всей души поздравляем Константина Андреевича с юбилеем, желаем здоровья, бодрости, новых научных достижений.**

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

# 60 лет Институту Сварки в Гливице

*Ян Пилярчик, проф., д-р техн. наук, директор Института Сварки,  
Алоиз Кайзерек, магистр, руководитель отдела международного сотрудничества,  
редактор журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa» (Польша)*



Первой датой в истории Института Сварки в Гливице является 26 марта 1945 г. В этот день в Катовице из Варшавы приехал инженер Болеслав Шупп с письмом из Министерства промышленности, подтверждающим его полномочия, необходимые для организации сварочной школы на базе оборудования, оставшегося после действующей во время немецкой оккупации в Катовице *Schweisstechnische Lehr und Versuchsanstalt*. Однако региональные власти в Катовице уже подобрали свою кандидатуру на место руководителя — Юзефа Пилярчика. Имея двух кандидатов, власти приняли соломоново решение (на которое, собственно говоря, согласились без замечаний оба кандидата), назначив кандидата из Варшавы (старшего — 58 лет) директором, а кандидата из Катовице (младшего — 36 лет) заместителем директора нового учреждения под названием «Государственный Сварочный Институт».



Роботизированный лазерный станок с ИАГ-лазером

Одной из первых задач было обучение газо- и электросварщиков, так необходимых для восстановления разрушенной войной страны. Для этого были созданы необходимые условия. Однако помещений явно не хватало. Поэтому власти выделили территорию в Гливице по улице Благословенного Чеслава. Учреждение по обучению сварщиков начало постепенно преобразовываться в научно-исследовательский институт, который 1 июля 1948 г. получил свое официальное название — Институт Сварки. В 1949 г. Институт полностью перенесен из Катовице в Гливице.

В 1950 г. был создан первый Научный совет. Несмотря на то, что на рубеже 1950–1951 гг. из сферы деятельности Института было исключено обучение сварщиков, он все же не прервал надзор над этой деятельностью, а созданный Центр обучения начал подготовку контролеров качества, конструкторов и технологов — специалистов по сварке.

С начала 1950-х гг. Институт занимается научно-исследовательской деятельностью, выполняя работы, направленные на расширение областей применения сварки в польской промышленности. В 1952 г. здесь работает уже 105 человек. Важным годом был 1956, когда Институт Сварки стал членом Международного Института Сварки (МИС). 1960-е — это годы дальнейшего развития Института Сварки, модернизации производства, расширения его территории.

1970-е годы характеризуются возникновением ряда новых способов сварки плавлением и давлением, которыми Институт интенсивно занимается. Проводятся исследования сварки в среде углекислого газа, в среде газовых смесей, плазменной сварки и резки, электрошлаковой и электрогазовой сварки, сварки трением, механизированной и автоматизированной термической резки и др. Одновременно ведутся широкие исследования свариваемости современных конструкционных сталей отечественного производства. В эти годы в Институте осуществляют большие пятилетние исследовательские программы, охватывающие обширную тематику целых отраслей, так на-

**Болеслав Шупп**

*Родился в 1887 г. в Киеве. В 1904 г. начал обучение в Киевском политехническом институте, а в 1908 г. в связи со сложной политической ситуацией перевелся в Петербургский институт инженеров транспорта. В 1915 г., незадолго до подготовки дипломных проектов, был призван в армию.*

*В уже независимую Польшу приехал в 1920 г. Продолжал обучение в Варшавском политехническом институте, диплом об окончании которого по специальности «Мосты и подземные сооружения» получил в 1927 г. В трудовой деятельности Болеслава Шуппа важное место заняла сварка. Он был организатором и лично руководил многочисленными курсами по обучению сварщиков. Его достижения включают также многочисленные статьи, доклады и выступления по вопросам сварки, а также учебники для обучения сварщиков.*

*После войны продолжает руководить Институтом Сварки, ведет педагогическую работу, готовит новые публикации. Б. Шупп был членом Организационного комитета Международного Института Сварки, в 1955 г. ему присуждено звание доцента, удостоен государственных и общественных наград.*

зываемые «узловые проблемы». Институт принимает активное участие в реализации этих программ.

Начало 1990-х гг. — это момент, когда Институт начинает функционировать в совершенно новых условиях, т. е. в условиях свободного рынка и конкуренции. В 1991 г. изменен закон о научно-исследовательских организациях в Польше. Оказавшись перед выбором: либо быстро приспособиться к новым условиям, либо смириться с медленной, но неизбежной ликвидацией, Институт Сварки без колебаний принял первый вариант, что означало перестройку Института. В связи с этим сфера его деятельности была расширена. В нее вошли: обучение и аттестация персонала, исследование и сертификация сварных конструкций и изделий, предназначенных для сварочного производства, разработка стандартов, инструкций и руководств.

Институт Сварки всегда имел крепкие контакты со специалистами-сварщиками всего мира. Информация о зарубежных достижениях в области сварки изучается, распространяется, и новинки внедряются на промышленных предприятиях страны. В 1997 г. Институт становится действительным членом Европейской Сварочной Федерации.

Чрезвычайно необходимым, привлекательным и современным является то, чем

Институт занимается сегодня, а именно соединением материалов и родственными технологиями. Около 2200 человек каждый год принимают участие в семинарах и курсах, организуемых Институтом, а около 2000 человек в год пользуются консультациями его специалистов.

Институт Сварки — современная научно-исследовательская организация, признанная как в Польше, так и за рубежом. Он имеет сотни отечественных и зарубежных потребителей и партнеров, является Польским Центром Сварки или более широко, Центром неразъемного соединения материалов, а благодаря участию в 5-й европейской Общей программе занял позицию Польского Сварочного Центра Совершенства. На протяжении нескольких лет Институт имел статус Marie Curie Training Site. Принимает участие в различных европейских и отечественных проектах, в том

**Юзеф Пилярчик**

*Родился 21 марта 1909 г. в Силезии Циешинской в деревне близ курорта Устронь.*

*Учился в Горной академии в Кракове, диплом инженера-металлурга получил в 1933 г.*

*Его трудовая деятельность в довоенное время связана главным образом с металлургическим комбинатом Baildon. Здесь он проводит исследовательские работы, одним из главных направлений которых была металлургия сварки. Одновременно много времени уделяет педагогической деятельности.*

*Во время войны, в течение года оставался без работы, а затем был принят в одну из фирм в Бытоме. Однако в связи с тем, что он поляк, и не согласился подписать так называемую «volkslist», его уволили. Переехал в Краков, где работает в разных фирмах до конца войны. После войны направлен на металлургический комбинат Baildon, а затем согласился на предложение занять должность заместителя директора Института Сварки. В 1959 г., после смерти Б. Шуппа, инженер Юзеф Пилярчик назначен генеральным директором Института Сварки. В 1967 г., уже после присуждения звания профессора, оставляет пост директора Института и начинает работу в Силезском политехническом институте.*

*Он является автором нескольких десятков статей и докладов, брошюр, учебников, соавтором справочных и других изданий. Следует также помнить о сотнях инженеров, подготовленных под его руководством, и многих кандидатах технических наук, научным руководителем которых он был. В течение своей трудовой деятельности профессор Ю. Пилярчик был удостоен ряда высоких государственных и региональных наград.*

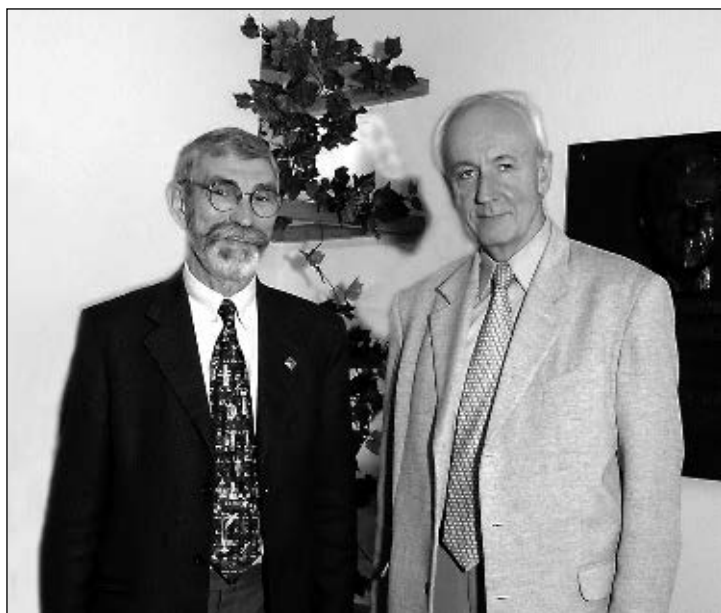
**Директора Института Сварки в 1967–2005 гг.**

*После ухода профессора Ю. Пилярчика директором Института в 1967–1975 гг. стал доцент Роман Коркиевич. Директорами были также доцент Ежи Мрыка (1976–1981) и доцент Иридион Кубишин (1982–1990). 1 ноября 1990 г. директором Института Сварки по итогам конкурса становится Ян Пилярчик, сын одного из организаторов Института — профессора Юзефа Пилярчика. С этого года начинает действовать принцип пятилетнего срока пребывания на посту директора, после окончания которого объявляется новый конкурс. Профессор Ян Пилярчик уже трижды выигрывал конкурс, и в этом году заканчивается 15-летний срок его пребывания на этом посту.*

Ян Пилярчик,  
президент  
Европейской  
Федерации сварки  
в 2002–2004 гг.



Президент  
Американского  
сварочного  
общества Дамиан  
Котецкий в Институте  
сварки (июль 2005 г.)



числе тех, которые финансируются совместно с Европейской Комиссией.

Институт сегодня расширил сферу деятельности. В нее, например, входят обучение сварочного персонала на базе отечественных программ и программ, действующих в странах Европейского Союза; надзор за сварочным обучением в Польше по поручению Министерства народного образования; оценка и аттестация предприятий, изготавливающих сварные конструкции согласно польскому стандарту PN-87/M-69009, немецкому стандарту DIN 18800, часть 7 и DIN 6700, часть 2. Кроме того, в Институте проводят сертификацию в трех направлениях: сварочные изделия, персонал по сварке и персонал по неразрушающему контролю (по EN 473), а также управление системой качества (по EN ISO 9001:2001) и системой качества в сварочном производстве (по EN 729-2). Сертификацию осуществляет Центр Сертификации, имеющий аккредитацию Польского Центра Аккредитации, авторизацию Европейской Сварочной Федерации (European Federation for Welding, Joining and Cutting — EWF) и Международного Института Сварки (International Institute of Welding — IIW). Необходимо отметить, что Европейская Сварочная Федерация является организационной структурой Европейского Союза, признанной ЕОТС (European Organisation for Conformity Assessment) и ЕА (European cooperation for Accreditation body). В соответствии с системой гармонизированного обучения в области сварки Европейской Сварочной Федерации (признанной ЕОТС единственной действующей в странах Союза) в Институте Сварки прошли обучение и получили международные дипломы и сертификаты более 1500 высококлассных специалистов. В настоящее время без этих дипломов и сертификатов практически невозможно заключать контракты на поставку сварных конструкций и изделий, особенно на рынок зарубежных стран. Свидетельством признания Института на международной арене стало назначение в 2002–2004 гг. директора Института Сварки на пост президента Европейской Сварочной Федерации.

Институт Сварки с 60-летними традициями имеет смелые планы и хорошие перспективы дальнейшего развития. Его цель — быть полезным для всех польских организаций, требующих поддержки в области сварки, прежде всего для предприятий сварочного производства. ● #612



## Александр Николаевичу ТКАЧЕНКО — 60 лет



**1 января 2006 г. исполняется 60 лет главному сварщику ОАО «ХК «Лугансктепловоз» Александру Николаевичу ТКАЧЕНКО.**

Трудовая деятельность Александра Николаевича началась на Херсонском судостроительном заводе, где после окончания Херсонского судомеханического техникума им. Адмирала Ушакова он работал электросварщиком. В 1968 г. перешел на Луганский тепловозостроительный завод. Трудовой путь А. Н. Ткаченко знаменуют следующие вехи: 1974 г. — назначен инженером-технологом, 1976 г. — начальник технологического бюро сварки, а к 1980 г. — заместитель главного сварщика тепловозостроительного предприятия. С 1984 г. и до настоящего времени занимает должность главного сварщика — заместителя начальника ЦТБ ОАО «ХК «Лугансктепловоз».

Под непосредственным руководством Александра Николаевича Ткаченко разрабатывались и разрабатываются новые технологии холодной листовой штамповки, термической резки, сборки и сварки; создаются производственные мощности для выпуска новых сварных металлоконструкций; открываются участки и линии автоматической сварки и термической резки с уникальным оснащением.

Оптимист по своей сути, человек исключительно трудолюбивый и энергичный, он с энтузиазмом берется за любое новое дело и свято верит в его успех. Под руководством А. Н. Ткаченко развивается и совершенствуется заготовительно-сварочное производство в компании «Лугансктепловоз». Он возглавил работу по освоению на предприятии новых технологий изготовления сварных металлоконструкций из нержавеющей стали 10X13Г18Д, не имеющей аналогов в машиностроении, цветных металлов, в частности из алюминиево-магниевого сплава и меди. Результатом труда стало создание на предприятии тепловозов ТЭ114 «И» для стальных магистралей Ирака, пассажирского тепловоза ТЭП-150 и маневрового ТЭМ-103. В настоящее время А. Н. Ткаченко снова в авангарде создателей новой машины — электровоза 2ЕЛ-5.

С именем Александра Николаевича связаны судьбы сотен молодых людей, получивших квалификацию рабочих-сварщиков. С 1999 г. он является экспертом УАКС, заместителем председателя Луганского отделения Общества сварщиков Украины. Начиная с 1976 г., А. Н. Ткаченко поддерживает тесные связи с ВНУ им. Даля г. Луганска, ежегодно возглавляет ГЭК, руководит производственной, преддипломной практиками студентов. В 2004 г. он назначен заведующим филиалом кафедры сварки ВНУ им. Даля при Учебно-научно-производственном центре ОАО «ХК «Лугансктепловоз».

На протяжении многих лет А. Н. Ткаченко сотрудничает со специалистами Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта, ИЭС им. Е. О. Патона, Транспортной академии Украины, «Укрзалізниця», а также других организаций. А. Н. Ткаченко — член-корреспондент Транспортной академии Украины. Имеет около пятидесяти научных публикаций и изобретений.

Пройдя путь от высококвалифицированного рабочего-сварщика до первого руководителя заготовительно-сварочного производства на крупном предприятии, Александр Николаевич Ткаченко проявил себя талантливым специалистом, обладающим глубокими практическими и теоретическими знаниями, мудрым руководителем и душевным человеком.

**От всего сердца поздравляем Александра Николаевича Ткаченко с юбилеем, желаем здоровья и новых творческих успехов.**

*Коллектив ОАО «ХК «Лугансктепловоз», Совет Общества сварщиков Украины, коллегия, редакционный совет и редакция журнала «Сварщик»*

## Форум дистрибьюторов продукции ABICOR BINZEL®

10 ноября 2005 г., на базе ПИИ «Бинцель Украина ГмбХ», состоялся очередной форум официальных дистрибьюторов торговой марки в Украине. В программе форума, наряду с обсуждением результатов совместной работы на рынке сварочного оборудования в 2004–2005 гг., рассматривались стратегические аспекты работы ПИИ «Бинцель Украина ГмбХ» в 2006 году. Были представлены новые разработки продукции ABICOR BINZEL, а также изложена концепция дальнейшего присутствия продукции торговой марки в Украине.

Так, в декабре 2005 г. нашему рынку будет предложено новое поколение сварочных горелок MB GRIP (впервые представлены на выставке «Сварка и резка-2005» в Эссене, Германия),

### ПИИ «Бинцель Украина ГмбХ»

Предприятие с иностранными инвестициями «Бинцель Украина ГмбХ» основано в 1997 г. и является дочерним предприятием ABICOR BINZEL-группы — мирового лидера в производстве комплектующих для сварочного оборудования (MIG/MAG, WIG/TIG, Plasma, ROBO). Группа сформирована на базе компании «Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG», г. Гиссен (год основания 1945), в которую с 1990 г. входит также компания «Kurt Haufe Schweisstechnik GmbH & Co. KG» г. Дрезден (год основания 1939), имеет свои 100%-е дочерние предприятия и представлена более чем в 50 странах мира.



которые дополняют уже признанные рынком серии MB ERGO, RF и ABIMIG® с постепенным выводом серии MB ERGO как подверженной наиболее массивному копированию со стороны китайских фирм.

ПИИ «Бинцель Украина ГмбХ» в своей деятельности руководствуется следующими постулатами присутствия на рынке, что выгодно отличает ее от других компаний: честность по отношению к потребителю; гарантия высокого качества продукции и обновления ее ассортимента без изменения номенклатуры расходного материала; постоянное наличие на складе широкой гаммы продукции, перекрывающей все диапазоны сварочного тока; оперативность поставок потребителю.



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) 495 2616. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

**Расскажите, пожалуйста, как сваривается сталь с медью и ее сплавами.**

*М. И. Кушал (Фастов)*

Физико-химические свойства меди и железа достаточно близки (строение кристаллической решетки, атомные радиусы и т. д.), что дает возможность получения непосредственного соединения меди (медных сплавов) с железом (сталью). Осложняющими факторами являются различие в температурах плавления, теплопроводности и теплоемкости, высокое сродство меди к кислороду, ее высокая жидкотекучесть, склонность к пористости, появление эвтектики  $Cu+Cu_2O$ , охрупчивающей металл.

Типичным дефектом при сварке стали с медью (медными сплавами), наплавке, пайке сталей припоями, содержащими медь, является межкристаллитное проникновение меди в сталь (МКП). Возникают трещины в виде клиньев, заполненных медью, глубиной от 0,001 до 40 мм. Трещины локализуются в районе действия напряжения растяжения, а также у концентраторов напряжений. Возможное количество дефектов составляет от

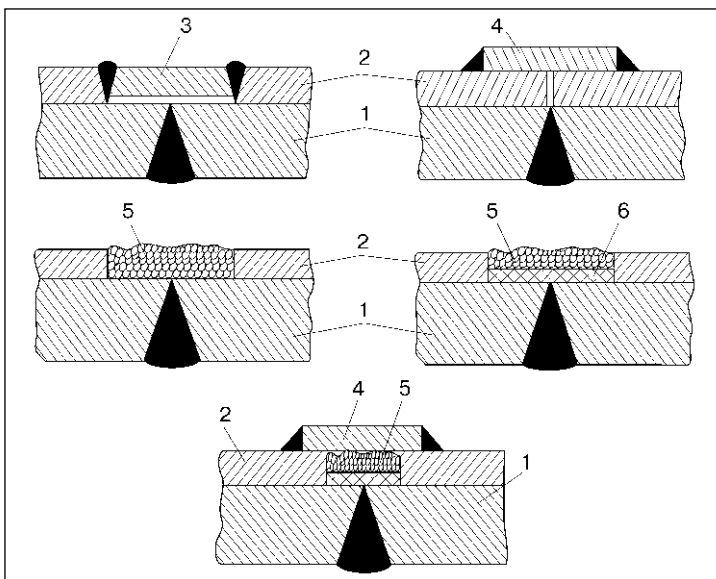
единиц до десятков на одном квадратном сантиметре. Дефект существенно снижает механические свойства стали, особенно пластичность. Трудно или совсем невозможно обнаружить его неразрушающими методами контроля. Избежать появления дефекта для многих марок сталей без применения специальных методов не удается.

Все приемы, направленные на предотвращение появления горячих трещин в стали, способствуют и предотвращению МКП меди. Сокращение времени контакта жидкой меди со сталью, ведение процесса в твердой фазе при возможно более низкой температуре, легирование металла шва элементами, повышающими сопротивляемость к образованию горячих трещин, применение барьерных прослоек и подкладок, повышение содержания ферритной фазы в стали способствуют предотвращению появления этого дефекта.

*Сварка трением* позволяет получить сварные соединения с прочностью на уровне основного материала в отожженном состоянии. Нет МКП меди в сталь, что связано со спецификой процесса: максимальная температура развивается на соединяемых поверхностях и обычно составляет 700–800 °С, что ниже температуры плавления более легкоплавкого металла.

*Сварка взрывом* дает соединение высокой прочности. Поры и микротрещины в зоне сварки возможны крайне редко. Поверхность контакта имеет чаще всего типичный для сварки взрывом волнообразный характер, вблизи границы имеет место наклеп, а на стороне стали возможно появление в узкой зоне закалочных структур вследствие высокой скорости охлаждения. Толщина плакирующего слоя (медный сплав) обычно 4–10 мм. Отжиг при температуре 700–900 °С сваренных биметаллических листов приводит к росту пластических свойств, некоторому снижению предела прочности и уменьшению анизотропии

Рисунок. Варианты конструктивного оформления соединения при сварке биметалла медь—сталь: 1 — стальной слой; 2 — медный слой; 3 — вставка; 4 — накладка; 5 — наплавка; 6 — подслой





свойств по площади листа. Метод применяют для получения слоистых листов и лент.

*Сварку прокаткой* применяют для получения биметаллических листов и лент (сталь+медь, сталь+латунь, сталь+монель-металл и других сочетаний). В большинстве случаев соединение равнопрочно основному металлу. В результате термической обработки (нормализация при 750 °С в течение 30 мин) биметалла сталь+медь в углеродистой стали наблюдается скопление углерода непосредственно в слое, прилегающем к медному.

*Диффузионная сварка* позволяет получать сварные соединения медных сплавов со сталями на большой номенклатуре пар (бронза БрОЦС5-5-5 + сталь 20ХНР, бронза БрОЦ10-10 + сталь 10, бронза БрОЦ8-12 + сталь 12ХНЗА, латунь Л59 + сталь, константан + сталь 12Х18Н10Т, бронза БрАЖМЦ10-3-1,5 + сталь 30ХГСА, медь М1 + армо-железо и т. д.).

Температура сварки зависит от состава медного сплава и находится в диапазоне 700-1000 °С. Сварку меди МБ, МОБ, М1 с армо-железом ведут при температуре 1000 °С. Этот температурный режим при соединении бронзы БрОСНЮ-2-3 со сталью 40Х из-за наличия в сплаве свинца приводит к оплавлению поверхности уже при температуре 760-780 °С. В таких случаях целесообразна предварительная наварка на сталь медной прослойки малой толщины (1 мм) при температуре 900 °С, а затем сварка заготовки с бронзой БрОСН10-2-3 при температуре 750 °С. Сварка стали с медной прослойкой при предварительном нанесении на медь слоя никеля (200 мкм) повышает качество соединения и позволяет производить закалку стали. К применению прослойки никеля прибегают, если необходимо повысить прочность соединения.

*Контактную сварку* ведут с применением подкладок под электрод, обеспечивающих интенсификацию выделения теплоты в зоне сварки и высокие градиенты температур (например, листовой молибден толщиной 0,6 мм со стороны медного сплава при сварке стали 10 с латунью Л63).

Возможна *ультразвуковая сварка* малых толщин. Колебания подводятся со стороны меди.

*Сварку плавлением* выполняют различными способами: ручной дуговой неплавящимся электродом, механизированной и автоматической под флюсом и в среде аргона, электронно-лучевой, газопламенной и др.

Для получения качественных соединений используют различные приемы: процесс ведут с преимущественным плавлением медного сплава (смещение пятна нагрева на медь), используют концентрированный источник теплоты, применяют наплавки и прослойки из материалов, не склонных к образованию трещин, и т. п.

При изготовлении изделий из листового биметалла, получаемого сваркой взрывом и прокаткой, соединения выполняют послойно. Если глубина ванны превосходит толщину свариваемого слоя, возможен переход меди в стальной шов и стали — в медный. В местах расплава контакта меди со сталью может иметь место МКП меди. Все это ведет к ухудшению механических свойств и коррозионной стойкости биметалла. Для предотвращения этих нежелательных явлений прибегают к использованию специальной конструкции сварного соединения (*рисунок*).

При сварке биметалла и использовании его в качестве прослойки в результате нагрева в зоне перехода сталь+медь возможно снижение прочности. Термическая обработка такого материала показала, что кратковременный нагрев до 5 мин вплоть до 950 °С и длительный до температуры 250 °С не оказывают существенного влияния на механические свойства биметалла. Это необходимо учитывать при выборе размеров прослойки. ● #613

**ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ**



**В. М. Корж. Газотермічна обробка матеріалів. Навчальний посібник.** Київ: «Екотехнологія», 2005. — 195 с.



Викладено матеріали за навчальною програмою дисципліни «Газотермічна обробка матеріалів» нормативної частини освітньо-професійної підготовки бакалаврів напряму «Зварювання» проекту ГСВО України.

Наведено відомості про гази, які використовуються при газотермічній обробці матеріалів; апаратура та обладнання, що застосовуються для газопостачання дільниць газотермічної обробки матеріалів; устаткування для газотермічної обробки.

Розглянуто суть технологічних процесів газотермічної обробки матеріалів.

Навчальний посібник призначено для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів і може бути корисний для інженерно-технічних працівників, які працюють в галузі газотермічної обробки матеріалів.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів.



# Радикальное повышение качества плазменных покрытий

С. В. Петров, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

К новым технологиям, которые радикально меняют устоявшиеся представления, можно отнести газотермическое напыление защитных покрытий. Существует много примеров, когда такие покрытия в десятки раз повышают срок службы деталей и изделий, работающих в экстремальных условиях, причем затраты на эти технологии невысокие. В основе применения газотермических покрытий лежит простая идея: создать поверхностный слой, способный противостоять рабочим нагрузкам. При данном способе можно наносить практически любые материалы и композиции, следовательно, можно обеспечить необходимые свойства рабочей поверхности деталей.

В середине 1980-х гг. был разработан детонационный способ напыления. Покрытие по основным показателям приблизилось к компактному материалу. Однако в силу существенных ограничений этот способ долгое время находил практическое применение только в авиастроении. Фактически коммерциализация началась с изобретения процесса HVOF (сверхзвуковое газопламенное напыление), и за короткое время на рынке технологий появилось

множество его модификаций. Все усилия разработчиков аппаратуры с этого момента сводятся к повышению скоростей полета частиц в процессе напыления, а технологов — к совершенствованию материалов для напыления, совместимых с новой аппаратурой. Сегодня упор делают на применение современных средств автоматизации, управления и контроля.

Плазменный способ является не самым распространенным в области газотермического напыления покрытий, однако он наиболее универсальный по роду напыляемых материалов и во многих случаях оказывается технически и экономически предпочтительным. Широкое распространение получила установка плазменного напыления «КИЕВ-7». Она имеет хорошо известные ограничения по качеству наносимых покрытий: достаточно высокую пористость, низкую прочность сцепления покрытия с основой, значительные изменения химического состава напыляемого материала и др. И хотя она давно снята с производства, существует много предприятий, которые нашли ей применение. Нового плазменного оборудования за приемлемую цену пока нет.

В сложившейся ситуации в координатах «цена-качество покрытий» есть хорошее решение. Установка «КИЕВ-7» предназначена для работы на дозвуковых скоростях истечения плазменной струи. Она может быть достаточно просто модернизирована и приспособлена для работы в режиме как дозвуковых, так и сверхзвуковых скоростей. Для этого потребуется замена плазмотрона, возможно, порошкового питателя-дозатора и доработка системы газоподготовки. Плазмотроны могут быть выполнены в широком диапазоне номинальных мощностей: от 40 до 160 кВт. При необходимости повышения производительности напыления (соответственно потребляемой мощности) потребуется модернизация источника электропитания.

Переход к сверхзвуковой скорости истечения плазменной струи приводит к повышению эффективности разгона напы-

Рис. 1. Волновая структура сверхзвуковой струи плазмы

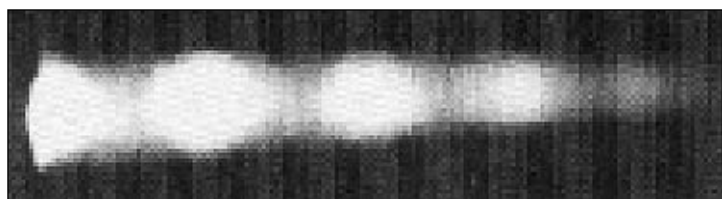
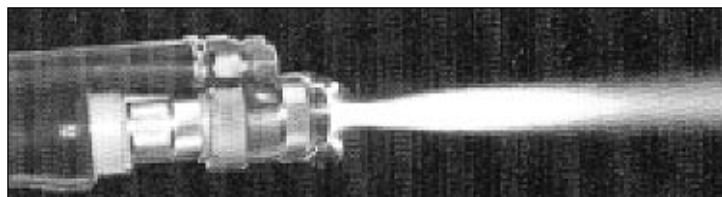


Рис. 2. Напыление никромового порошка сверхзвуковой плазменной струей



ляемых частиц и снижению интенсивности нагрева. Поскольку за формирование покрытия отвечает кинетическая энергия частиц, увеличение их скорости в момент встречи с основой в 3–4 раза повышает кинетическую энергию в 9–16 раз. Именно здесь происходит качественный скачок в улучшении всех служебных свойств напыленных покрытий. Чтобы обеспечить достаточную греющую способность сверхзвуковой струи, в качестве плазмообразующего газа используют высокоэнтальпийную смесь воздуха с метаном. Струя плазмы формируется с пролонгированным начальным участком. Сверхзвуковая плазменная струя является удобным для практического использования объектом. Ее характеризует видимая волновая структура (рис. 1).

Износ электродов плазмотрона, изменение режима его работы отражаются на геометрии и взаимном расположении скачков уплотнения. Оператор в любой момент может определить отклонения от заданного режима и принять меры к их устранению. Наглядное и простое обеспечение постоянства выбранных параметров струи во время напыления гарантирует воспроизводимость технологии и повторение всех свойств покрытий.

Сверхзвуковой плазмотрон выполнен по трехэлектродной схеме с одиночной металлической межэлектродной вставкой, по принципу близкой к плазмотрону ПУН-установки «КИЕВ-7». В зависимости от исполнения плазмотрона ее можно охлаждать водой или плазмообразующим газом (рекуперативное охлаждение МЕВ).

Плазмотрон обеспечивает:

- стабилизацию длины дуги на уровне выше самоустанавливающейся;
- расширение диапазона регулирования среднеэнтальпийной плазменной струи;
- снижение пульсаций (регулярных и нерегулярных) параметров дуги и соответственно плазменной струи;
- подавление крупномасштабной турбулентности в плазменной струе, соответственно рассеивания напыляемых частиц;
- воспроизводимость всех параметров плазменной струи (скорость и энтальпия, их пульсационные и осредненные значения, профили поперек струи и распределения вдоль) в течение заданного гарантированного времени работы плазмотрона;
- простоту, удобство обслуживания, надежность и ремонтпригодность.

На повышение качества покрытий при работе на сверхзвуковых скоростях, кроме возросшей кинетической энергии, влияет уменьшение угла раскрытия двухфазного потока (рис. 2) в результате ламинаризации сверхзвукового течения. Разброс скоростей и температур центральных и периферийных частиц резко уменьшается. Периферийные частицы, имеющие меньший запас энергии, участвуют в формировании покрытия и ослабляют его.

При напылении сверхзвуковым плазмотроном даже без тщательной оптимизации процесса значительно улучшаются все качественные показатели покрытий. Пористость снижается с 8–12 до 1–3% (может быть получена нулевая пористость). Прочность сцепления покрытия с основой зависит от напыляемого материала, но в любом случае она увеличивается в 1,5–2 раза. Степень окисленности и выгорания элементов (углерода) снижается на 50–80%, в отдельных случаях удается получить покрытие, по химическому составу совпадающее с исходным материалом.

Все это дает возможность как расширить область применения плазменного напыления, так и повысить качество уже отработавших изделий. Существующая практика плазменного напыления может существенно измениться с применением передовых подходов (в частности, с переходом к работе на сверхзвуковых скоростях) в пользу резкого повышения качества покрытий без повышения его стоимости. ● #614

**ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ**



**В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка.**

Киев: «Экотехнология», 2005. — 208 с.

Рассмотрены оборудование, инструменты и приспособления для газовой сварки, резки и пайки металлов. Описаны технологии газопламенной обработки различных металлов, материалы и флюсы, используемые при газовой сварке. Приведены характеристики газов, технологии газопламенной обработки металлов, основные положения по организации труда и технике безопасности.



Книга рассчитана на инженерно-технических работников, студентов вузов и учащихся средних специальных учебных заведений.

# Роботизированный комплекс для TIG сварки

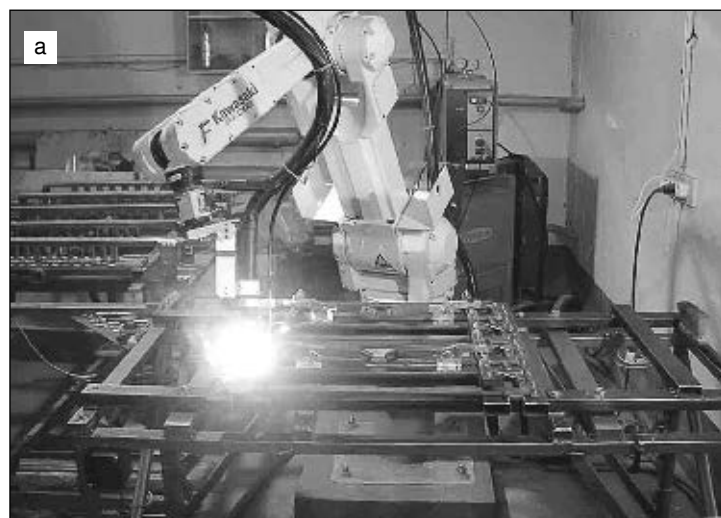
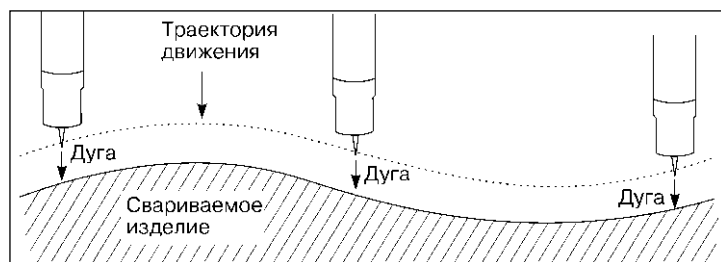
С. М. Атрошкин, СП «Белфин» (Минск, Беларусь)

При изготовлении металлической мебели выполняют большой объем сварочных работ. Зачистка швов после сварки увеличивает трудоемкость изготовления изделий. С целью снижения трудоемкости и повышения производительности труда при изготовлении металлической мебели был разработан роботизированный комплекс TIG сварки на основе промышленного робота Kawasaki.

Сварочный комплекс включает:

- универсальный промышленный робот Kawasaki типа FA006E FD40, который имеет сварочный интерфейс с функциями управления сварочным источником и траекторией горелки, в том числе колебательными движениями;
- аппарат фирмы Fronius для сварки методом TIG с подачей присадочной проволоки — TIG DC Инвертор Trans Tig 2600;
- комплект высокоточной оснастки и дополнительного оборудования для крепления деталей и робота.

Рис. 1. Схема движения горелки вдоль свариваемого изделия



Во время TIG сварки уровень помех высок, обычный контроллер робота очень чувствителен к этим помехам. До недавнего времени TIG сварка была невозможна с применением робота. Фирмой Kawasaki разработан D-контроллер с учетом требований к защите от помех, что позволило использовать его в роботизированной TIG сварке. Для быстрой установки свариваемых элементов и снятия готовых изделий использованы быстродействующие зажимы фирмы AMF.

При опытной сварке изделий без присадочной проволоки неплавящийся электрод быстро сгорал и требовал частой заточки, удавалось выполнить не более 8–10 швов по 20 мм. С подачей проволоки количество таких швов было в два раза больше.

Были также разработаны требования к свариваемым деталям: размеры отрезаемых трубных заготовок для металлической мебели должны отличаться от номинальных не более чем на  $\pm 0,15$  мм; заусенцы на деталях недопустимы; свариваемые поверхности должны быть обезжирены. Детали изготавливали из точно отрезанных заготовок.

Из-за нагрева деталей при сварке расстояние электрод—деталь изменяется, что ухудшает качество сварного шва. Для



Рис. 2. Роботизированный сварочный комплекс в работе: а — процесс сварки; б — сварные изделия

поддержания длины электрической дуги постоянной (рис. 1) была использована функция AVC (автоматический контроль напряжения) контроллера, которая фактически управляет движением горелки перпендикулярно к поверхности свариваемого изделия.

TIG сварка чувствительна к нестабильности длины дуги, неточной установке электрода, неправильному углу его заточки (угол должен быть в диапазоне 18–20°), неправильному выбору типа и диаметра электрода. Поэтому в состав сварочного оборудования было включено калибровочное устройство, позволяющее быстро и с высокой точностью устанавливать электрод с заданным вылетом относительно сопла. Создано устройство для заточки электрода под заданным углом. Были также экспериментально определены оптимальные расстояния вылета электрода для сварки с присадочной проволокой и без нее. Все эти технические решения в совокупности позволили добиться высокого качества сварных швов и повысить долговечность электрода.

Сварка опытной партии деталей (рис. 2) показала, что без присадочной проволоки одним электродом удается сваривать более 80 швов по 20 мм, а с присадочной проволокой — более 150 швов такой же длины. С учетом этого в рабочей программе робота предусмотрены технологические остановы для замены быстросъемной сварочной головки на головку, с установленным на ней заточенным электродом.

Выполнены технологические испытания программ сварки всех типов изделий (не менее чем по 10 паллет каждого наименования). Результаты контроля сварных швов показали, что неисправимый брак отсутствует. Количество сварных швов с непроварами, которые требовали дополнительной сварки, оказалось не более 3%. Это полностью удовлетворяло требованиям производственного процесса.

Внедрение роботизированного комплекса TIG сварки позволило:

- значительно уменьшить нагрузку на высококвалифицированных сварщиков при выполнении монотонной работы и использовать их для сварки нестандартных изделий;
- повысить в несколько раз производительность участка сварки элементов металлической мебели;
- повысить качество сварных швов;

- полностью исключить операцию зачистки сварных швов;
- снизить себестоимость изделий.

На установку паллет с другими деталями затрачивают 3–5 мин. При этом робот определяет, какая паллета установлена в данный момент на рабочем столе, по команде оператора о готовности данной паллеты выбирает для нее технологическую программу, хранящуюся в памяти, и приступает к ее выполнению.

Данный тип робота можно использовать также для MIG/MAG сварки, плазменной сварки и резки, плазменного напыления и других операций. ● #615



### «Кожа» для роботов

Японские ученые изобрели искусственную «кожу» для роботов. Это открытие может стать первым шагом на пути к полноценному осязанию роботами окружающего мира.

«Кожу», которая способна чувствовать давление и температуру, можно обернуть вокруг механических пальцев роботов. Причем, как утверждают ученые, их разработка не будет обходиться дорого.

«Кожа» состоит из двух слоев: один — для регистрации давления, другой — для регистрации температуры. Именно совмещение этих двух слоев стало революционным прорывом.

Японские ученые использовали электронные схемы в качестве датчиков давления и полупроводники в качестве датчиков температуры. Эти датчики помещены в тонкий слой пластика, которым можно обернуть пальцы робота.

Транзисторы и полупроводники, использованные для электронной «кожи», основаны на органических материалах, состоящих из цепочек атомов углерода. Это придает электронным схемам гибкость и делает процесс изготовления «кожи» относительно недорогим.

Ученые надеются, что их разработка поможет повысить эффективность роботов. Более того, исследователи говорят, что не намерены останавливаться на том, чтобы просто воспроизвести функции человеческой кожи.

Возможно, в ближайшем будущем появится электронная «кожа», которая превзойдет по своим свойствам человеческую, пишут в своей работе ученые.

Будущая искусственная «кожа» сможет иметь датчики не только для регистрации давления и температуры, но и для регистрации света, натяжения, звука и влажности.

[www.elvisti.com](http://www.elvisti.com)

# Клеи для инертных поверхностей

*К. В. Запунная, канд. хим. наук, Т. Т. Тодосийчук, д-р хим. наук, Ю. С. Липатов, академик НАН Украины, Л. Н. Яценко, Г. Н. Кривченко, Л. Н. Перепелицына, канд. хим. наук, А. Н. Горбатенко, канд. хим. наук, Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины (Киев)*

Предпосылкой к созданию новых адгезивов является существенное расширение ассортимента современных материалов, подлежащих склеиванию, когда наряду с традиционными материалами все шире используют композиты, комбинированные изделия, неорганические материалы. Возрастают требования к прочности адгезионных соединений и их стабильности в условиях перепада температур, активных воздействий агрессивных сред при сохранении экологических требований к технологии производства.

В этом отношении особый интерес представляют эпоксиуретановые полимеры, сочетающие ценные свойства эпоксидов: низкую усадку при отверждении и высокую адгезию к различным материалам, хорошие диэлектрические и физико-механические показатели с высокими упругодеформационными характеристиками полиуретанов, высокой эластичностью при низких температурах, атмосферостойкостью.

Авторами синтезированы эпоксиуретановые олигомеры, на основе которых созданы клеи, позволяющие с высокой адгезионной прочностью склеивать различные поверхности, в том числе инертные.

Для отверждения эпоксиуретановых олигомеров были использованы отвердите-

ли аминного и ангидридного типов. Как показали исследования, природа отвердителя оказывает существенное влияние на жизнеспособность и вязкость композиций, температуру и скорость их отверждения, а также на их физико-механические и адгезионные характеристики.

Для определения наиболее эффективно состава были измерены краевые углы смачивания клеевыми композициями различных поверхностей, так как существует прямая зависимость между способностью жидкости смачивать твердое тело и величиной адгезии. По этим данным были выбраны композиции ПЭУ-1 и ПЭУ-7, содержащие полиоксипропиленовый и полиоксиметиленовый блоки в уретановом фрагменте. В качестве эпоксидных составляющих использованы эпоксидиановый олигомер ЭД-20 и диэтиленгликольдиэпоксид (ДЭГ-1). Отвердители — изометилтетрагидрофталевый ангидрид (ИМТГФА) и диэтилентриамин (ДЭТА).

Одним из наиболее эффективных адгезивов в серии разработанных является КЛИП (табл. 1) — клей для инертных поверхностей, отличающийся от используе-

Таблица 1. Адгезионная прочность клея «КЛИП»

Склеиваемые материалы	Условия отверждения		Адгезионная прочность, МПа		Примечание
	температура, °С	время, ч	сдвиг	нормальный отрыв	
СтЗ—СтЗ	70	4	22,0–24,0	24,0–26,5	Разрушение по клеевому соединению
Алюминий — алюминий	70	3	9,0–10,0	11,0–12,0	
Алюминий — никель	70	3	14,0–16,0	12,0–5,0	
Карбид кремния — карбид кремния	70	4	15,0–16,0	15,0–16,0	Разрушение керамики
Карбид кремния — алюминий	70	4	10,0–11,0	—	
Карбид кремния — стеклопластик на эпоксидном связующем	70	3	9,0–10,0	—	Разрушение по клеевому соединению
Фторопласт Ф-4 — фторопласт Ф-4	70	3	—	1,0–1,4	
Фторопласт Ф-4 — Ст 3	70	3	—	1,6–1,8	
Фторопласт Ф-2М — фторопласт Ф-2М	70	3	—	2,8–3,0	
Фторопласт Ф-2М — Ст 3	70	3	—	2,8–3,0	
Полиимид — полиимид	70	3	—	26,0–27,0	Разрушение пленки
Лавсан — лавсан	70	3	—	15,5–16,5	
Полисульфон — полисульфон	70	3	—	9,2–10,0	



мых высокой прочностью при склеивании таких материалов, как тефлон, ариимид, полисульфон, лавсан и фторкаучуки, и устойчивостью к низким температурам (свыше 1000 термоциклов от минус 196 до плюс 100 °С. Его используют в качестве базового при разработке других клеевых составов.

Термостойкость КЛИПа оценивали по данным дериватографического анализа (ДТА). Как видно из рис. 1, кривая 3, начало потери массы соответствует температуре 220–225 °С. При 310 °С масса уменьшается на 38%. На следующей стадии процесса распада с максимумом при 545 °С происходит дальнейшая деструкция углеродного скелета молекул полимера с окислением продуктов деструкции и выделением большого количества теплоты, которое на кривой ДТА представлено мощным экзотермическим пиком. Таким образом, клеевая композиция сохраняет свою структуру и эксплуатационные свойства до 200 °С.

По данным дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) был определен нижний предел рабочих температур КЛИПа. Клеевая композиция имеет две температуры, при которых происходит стеклование (рис. 2): одна – в области отрицательных температур (минус 30 °С) и другая – положительная (плюс 60 °С), что обеспечивает работоспособность клеевой композиции в криогенных условиях.

Проведены термоциклические испытания адгезионных соединений углепластик–полиимидная пленка, склеенных КЛИПом в условиях вакуума порядка  $2 \cdot 10^{-5}$  Па в диапазоне температур от минус 190 до плюс 150 °С (табл. 2). Параллельно была оценена химическая стойкость клея (табл. 3).

Из приведенных данных видно, что разработанный адгезив характеризуют высокая стойкость к термоциклированию (после 200 циклов адгезионная прочность снизилась на 1%, а после 1000 циклов – на 12%) и химическая стойкость.

На основе КЛИПа создана серия клеев целевого назначения. Разработан токопроводящий клей КЛТ–ЭУ, предназначенный для получения токопроводящих соединений при монтаже микросхем, обеспечивающий электрический контакт путем клеевого соединения разнородных металлов и токопроводящих материалов. Клей может быть использован в радиоэлектронике,

(Окончание на стр. 30)

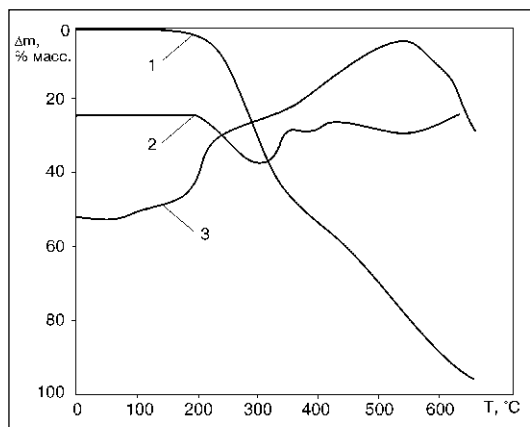


Рис. 1. Данные дериватографического анализа композиции: 1 — кривая потери массы  $\Delta m$ , %; 2 — дифференциальная кривая потери массы  $dm/dt$ ; 3 — кривая дифференциального термического анализа  $\Delta T/dT$

Таблица 2. Влияние термоциклирования на адгезионную прочность клеевого соединения углепластик–полиимид

Количество циклов	Адгезия (при отслаивании), Н/см
0	8,9
50	9,0
100	9,2
200	8,8
250	8,5
500	8,2
1000	7,8

Таблица 3. Характеристика химической стойкости клеевой композиции

Среда	Набухание, %
HCl, 3%	4,2
HCl, концентрат	60
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 3%	6,1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 50%	42,6
NaCl, 10%	1,9
KOH, 3%	1,7
Этиловый спирт	36,9
Вода	1,8

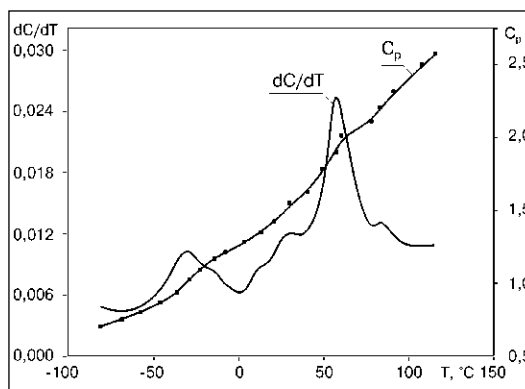


Рис. 2. Интегральная и дифференциальная зависимости  $dC/dT$  удельной теплоемкости композиции от температуры

# Коррозионностойкие и износостойкие композиционные материалы для наплавки деталей металлургического оборудования

*И. М. Спиридонова, Е. В. Суховая, доктора техн. наук, Днепропетровский национальный университет (Днепропетровск), А. П. Ващенко, д-р техн. наук, Аппарат Верховной Рады Украины (Киев)*

Использование композиционных материалов для печной наплавки деталей металлургического оборудования позволяет решать проблему их долговечности. Например, наплавка композиционных материалов (МНМц 60–20–20)/(W–C) обеспечивает увеличение срока службы большого и малого конусов засыпных аппаратов доменных печей в 2–6 раз, а уравнильных клапанов – в 4–15 раз в зависимости от условий эксплуатации.

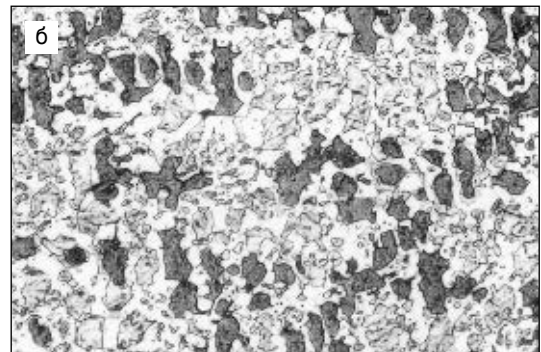
Дополнительным ресурсом, обеспечивающим повышение стойкости деталей не только в абразивной, газоабразивной, но и в коррозионных средах, является замена марганцевого мельхиора МНМц 60–20–20 в составе композиционных материалов на сплавы системы Fe–B–C. Эти сплавы имеют высокие механические, технологические и эксплуатационные свойства. Однако, как показали предварительные исследования, при пропитке наполнителей W–C связками Fe–B–C, содержащими 2,0–2,5% B; 0,5–1,0% C; Fe – остальное, на границах раздела наполнитель/связка протекают процессы растворения, приводящие к появлению в структуре зон контактного взаимодействия фазы Fe<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C. Эта фаза, образующаяся в больших количествах, становится причиной хрупкого разрушения границ раздела композиционных материалов и выкрашивания частиц наполнителя при воздей-

ствии агрессивных и абразивных сред. Поэтому с целью регулирования скорости растворения наполнителя W–C в связке выбрали оптимальную систему легирования сплавов Fe–B–C. Использовали методы металлографического, термического, рентгеноструктурного, микрорентгеноспектрального анализов. Коррозионное поведение сплавов в растворах 0,5н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 5н. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 5% HNO<sub>3</sub> изучали гравиметрическим методом. Испытания материалов на сопротивление газоабразивному изнашиванию проводили на специально созданной установке, обеспечивающей максимальное приближение к реальным условиям эксплуатации деталей доменного оборудования.

Первым шагом, направленным на снижение скорости растворения наполнителя в расплавленном металле, был выбор состава связки Fe–B–C, содержащей в структуре первичные кристаллы α-Fe и две эвтектики Fe–Fe<sub>2</sub>(B,C) и Fe–Fe<sub>3</sub>(C,B) (рис. 1, а). Этот сплав, с одной стороны, лучше смачивает наполнитель W–C по сравнению с эвтектическим сплавом Fe–Fe<sub>3</sub>(C,B), с другой стороны, обладает большей стабильностью, чем эвтектический сплав Fe–Fe<sub>2</sub>(B,C).

Другим шагом, позволяющим регулировать процессы растворения на границах раздела композиционных материалов, яв-

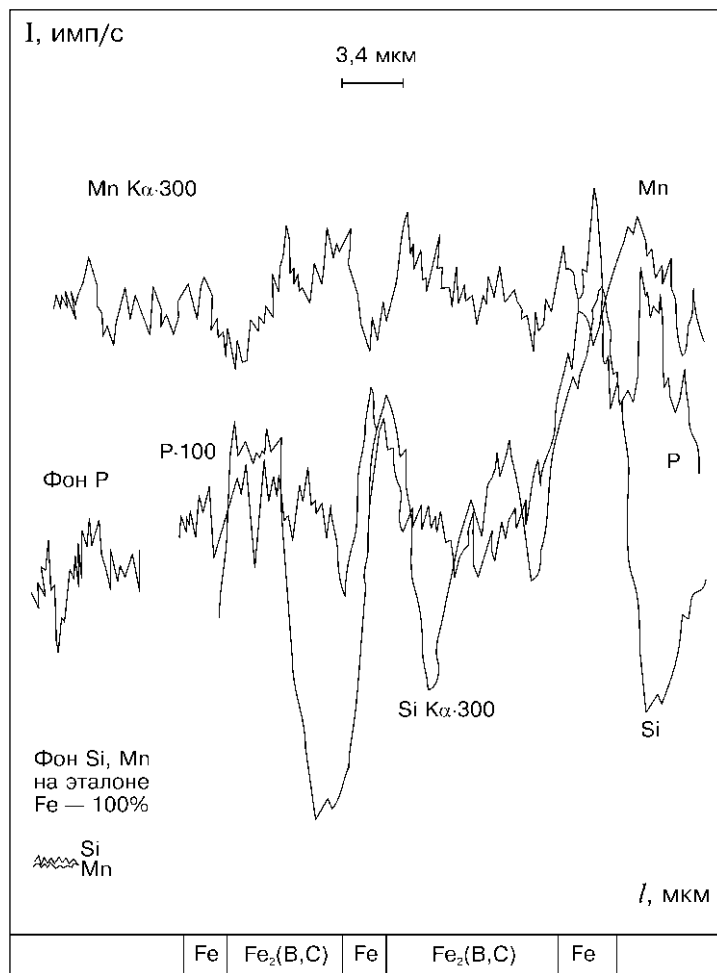
Рис. 1. Микроструктура сплавов-связок Fe–B–C, ×200: а — до легирования; б — после комплексного легирования Si, Al, Mn и P



ляется комплексное легирование Si, Al, Mn и P связки Fe–В–С. Металлографический и рентгеноструктурный анализ принятых к исследованию сплавов свидетельствует о сохранении фазовых составляющих базового сплава Fe–В–С (рис. 1). Легирующие элементы полностью растворяются в основных фазах, образуя многокомпонентные твердые растворы. По данным дифференциального термического анализа, в зависимости от состава сплава наблюдается первичная и эвтектическая кристаллизации. Алюминий, фосфор и особенно кремний понижают критические температуры начала превращений в среднем на 60–70 °С, а марганец незначительно их повышает (примерно на 5–10 °С). В результате совместного влияния Si, Al, Mn и P температуры фазовых превращений при нагреве и охлаждении многокомпонентной связки на основе сплава Fe–В–С снижаются примерно на 55 °С. Это является положительным результатом, так как одно из требований к связке композиционных материалов — ее легкоплавкость.

Методом рентгеноспектрального микроанализа установлено, что Si, Al и P преимущественно растворяются в α-Fe, а Mn — в фазах Fe<sub>2</sub>(B,C) и Fe<sub>3</sub>(C,B) (рис. 2). Это вызывает увеличение микротвердости первичной фазы (Fe, Si, Al, P) и эвтектик (Fe, Si, Al, P)–(Fe, Mn)<sub>2</sub>(B, C) и (Fe, Si, Al, P)–(Fe, Mn)<sub>3</sub>(C, B) по сравнению с соответствующими структурными составляющими в базовом сплаве Fe–В–С. Общая твердость многокомпонентного сплава-связки растет с 43,8 до 60,8 HRC<sub>3</sub>, а предел прочности на сжатие — с 2110 до 2250 МПа. Следовательно, легирование Si, Al, Mn и P сплава Fe–В–С обеспечивает одновременное снижение температуры плавления (примерно до 1400 К) и повышение твердости многокомпонентной связки и предела прочности на сжатие.

Результаты определения скорости коррозии борсодержащих сплавов, дополнительно легированных Al, Si, Mn и P в растворах 0,5н.Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 5н.Н<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 5% HNO<sub>3</sub>, приведены на рис. 3. Скорость коррозии этих сплавов в растворах 0,5н.Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 5н.Н<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> меньше скорости коррозии эталона из Ст3 и является минимальной для комплексно легированного сплава (рис. 3, а, б). Одновременное введение Al, Si, Mn и P повышает коррозионную стойкость сплава Fe–В–С в растворе серной кислоты более чем в 35 раз, а в растворе фосфорной кислоты — почти в 20 раз. Наиболее существен-



но скорость коррозии снижается при легировании базового сплава Fe–В–С кремнием и алюминием. С увеличением времени испытаний скорость коррозии уменьшается для всех легированных сплавов за исключением сплава, легированного марганцем, скорость коррозии которого увеличивается со временем.

Скорость коррозии исследованных легированных связок на основе эвтектического сплава Fe–В–С в 5%-м растворе HNO<sub>3</sub> значительно выше, чем в первых двух растворах, однако, она меньше скорости коррозии эталона (рис. 3, в). Аналогичные результаты были получены ранее для нелегированных сплавов Fe–В–С. Раздельное легирование Al, Si, и P лишь незначительно снижает скорость коррозии. При введении Mn достигается наиболее существенное уменьшение скорости коррозии (почти в два раза). Комплексно легированный Al, Si, Mn и P сплав Fe–В–С имеет немного меньшую коррозионную стойкость, чем сплав Fe–В–Mn–С. С увеличением времени испытаний скорость коррозии исследованных сплавов уменьшается по срав-

Рис. 2. Диаграмма распределения интенсивности излучения I элементов при прохождении зонда через участок эвтектики Fe–Fe<sub>2</sub>(B, C)–Fe в сплаве Fe–В–С–Al–Si–Mn–P

Таблица 1. Влияние легирующих элементов Al, Si, Mn и P на свойства связок на основе сплава Fe–B–C

Сплав	Коэффициент относительной окислительной стойкости	Общая микротвердость, ГПа	Твердость, HRC <sub>3</sub>	Жидкотекучесть, мм	Коэффициент обрабатываемости	Коэффициент относительной газо-абразивной износостойкости при		Предел прочности на сжатие, МПа
						293 К	473 К	
Fe–B–C	1,0	4,4±0,1	43,8±0,2	104,5±2,1	1,0	1,0	1,0	2110±5
Fe–B–C–Al	1,09±0,12	3,5±0,2	52,4±0,3	103,2±3,0	1,18±0,07	1,1±0,2	1,3±0,1	2160±10
Fe–B–C–Si	1,22±0,06	5,2±0,1	50,2±0,1	105,5±2,8	0,96±0,02	0,9±0,1	1,2±0,2	2070±5
Fe–B–C–Mn	1,14±0,10	5,5±0,1	55,6±0,3	108,3±4,1	0,87±0,05	1,2±0,3	1,3±0,1	2200±5
Fe–B–C–P	1,05±0,05	5,3±0,4	49,7±0,4	104,9±2,3	1,03±0,04	0,8±0,2	0,9±0,1	2050±10
Fe–B–C–Al–Si	1,18±0,03	4,7±0,2	50,3±0,6	104,7±1,7	1,16±0,02	1,1±0,1	1,2±0,3	2130±5
Fe–B–C–Al–Si–Mn	1,21±0,08	6,1±0,3	63,5±0,1	109,8±0,3	1,11±0,02	1,5±0,2	1,7±0,1	2280±15
Fe–B–C–Al–Si–Mn–P	1,24±0,14	6,0±0,4	60,8±0,5	111,3±1,8	1,14±0,06	1,4±0,1	1,7±0,3	2250±10

нению со скоростью коррозии в первые часы, что объясняется накоплением на поверхности образцов продуктов коррозии, которые замедляют процесс разрушения.

Таким образом, выбранная система легирования обеспечивает повышение коррозионной стойкости базовых сплавов Fe–B–C. Помимо этого, установлено положительное влияние выбранных легирующих элемен-

тов на другие технологические и эксплуатационные характеристики сплава-связки (табл. 1). Так, все элементы, за исключением алюминия, немного повышают жидкотекучесть сплава-связки. Однако Al в наибольшей степени увеличивает обрабатываемость связки шлифованием, что является важной характеристикой при выполнении механической обработки композиционных покрытий. Комплексно легированный сплав также характеризуют повышенные окислительная и газоабразивная износостойкость в интервале температур.

Структура композиционных покрытий (КП), полученных после пропитки наполнителей W–C связкой Fe–B–C–Al–Si–Mn–P, показана на рис. 4. Как и следовало ожидать, нежелательная фаза Fe<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C вблизи границ раздела между наполнителем и матрицей практически не образуется. Содержание вольфрама в эвтектике вблизи поверхности раздела заметно снижается по сравнению с композиционным материалом (Fe–B–C)/(W–C), а ширина зон контактного взаимодействия (ЗКВ) уменьшается в 2,5–3 раза (табл. 2). Эти зоны, в основном, образуются со стороны частиц наполнителя вследствие обезуглероживания поверхностного слоя эвтектического сплава W–C при пропитке, что подтверждается результатами определения микротвердости структурных составляющих, присутствующих в зонах контактного взаимодействия композиционных материалов (см. табл. 2). Следовательно, скорость растворения карбидов вольфрама в комплексно легированной связке на основе эвтектического сплава Fe–B–C снижается. Содержание вольфрама в расплавленной многокомпонентной связке уменьшается по сравнению с нелегированной связкой, и фаза Fe<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C практи-

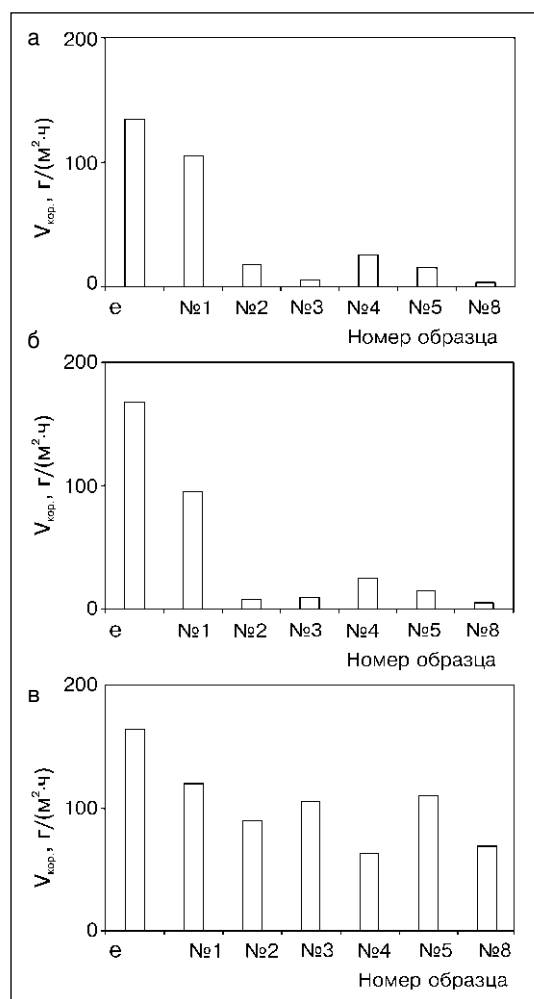


Рис. 3. Влияние легирующих элементов Al, Si, P, Mn при их раздельном и совместном введении в базовый сплав Fe–B–C на скорость коррозии в растворах: а — 0,5н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б — 5н. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; в — 5%-й HNO<sub>3</sub>

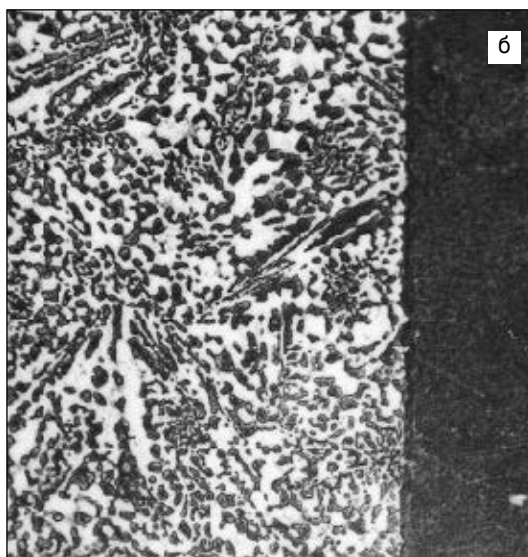
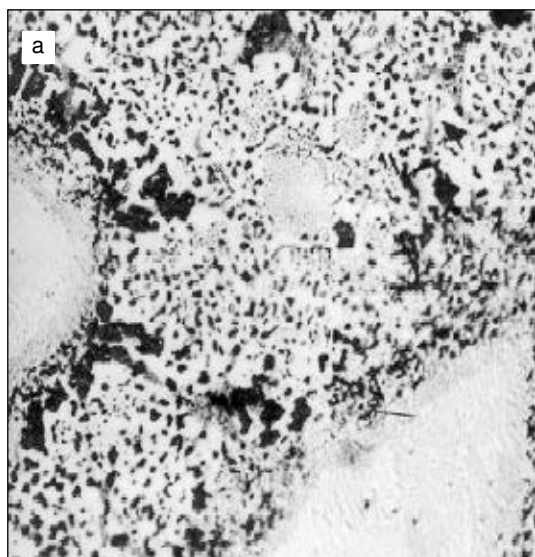


Рис. 4. Микроструктура композиционных покрытий с наполнителем W-C и связкой Fe-B-C-Al-Si-Mn-P,  $\times 200$ : а — композиционный материал; б — граница раздела (композиционное покрытие Ст3)

чески отсутствует в структуре композиционных материалов. Обмен атомами компонентов наполнителя и связки протекает за счет взаимной диффузии. Поэтому на границе раздела со стороны наполнителя появляется обезуглероженный слой, легированный компонентами связки, а со стороны матрицы увеличивается содержание W и C.

На границе раздела между композиционным покрытием и стальной деталью (Ст3) также образуется зона контактного взаимодействия (рис. 4, б). Из матрицы в сталь преимущественно диффундируют P и Mn. Диффузия Si и Al ограничена. Со стороны матрицы образуется слой, обедненный бором. Ширина зон контактного взаимодействия между комплексно легированной матрицей композиционного покрытия и сталью уменьшается на 25–30% по сравнению с шириной зон между нелегированной матрицей Fe-B-C и сталью.

Таким образом, металлографические исследования композиционных покрытий с наполнителем W-C и связкой Fe-B-C-Al-Si-Mn-P свидетельствуют о том, что в их структуре за счет снижения скорости растворения карбидов вольфрама в комплексно легированной связке практи-

чески не образуется нежелательная фаза  $Fe_3W_3C$ . Выбранный состав связки также позволяет обеспечить надежное соединение композиционного покрытия со стальной поверхностью. Помимо этого, благодаря повышению эксплуатационных и технологических характеристик многокомпонентной эвтектической связки, улучшаются эти показатели и для композиционного покрытия на ее основе (табл. 3). В частности, повышается коррозионная стойкость во всех исследованных растворах, окалиностойкость и твердость образцов со связкой Fe-B-C-Al-Si-Mn-P, улучшается их обрабатываемость шлифованием. Растет газообразивная износостойкость и, соответственно, уменьшается удельный износ композиционных материалов (рис. 5, а). Однако наиболее благоприятно отсутствие фазы  $Fe_3W_3C$  в структуре композиционного покрытия и повышение окалиностойкости матрицы отражаются на результатах определения удельного износа в условиях воздействия газообразивной среды при увеличении температур до 473–773 К (рис. 5, б). Помимо этого, прочная связь структурных составляющих композиционных покрытий (W-C)/(Fe-B-C-Al-Si-Mn-P) обеспечи-

Таблица 2. Сравнение структурного состава, микротвердости и ширины зон контактного взаимодействия (ЗКВ) в композиционных покрытиях (Fe-B-C)/(W-C) и (Fe-B-C-Al-Si-Mn-P)/(W-C)

Связка КП	Структурный состав ЗКВ		Общая микротвердость, ГПа				Ширина ЗКВ, мкм
	со стороны железной матрицы	со стороны наполнителя W-C	исходный сплав		ЗКВ		
			эвтектика	наполнитель	эвтектика	наполнитель	
Fe-B-C	$\gamma$ , $Fe_3W_3C$ эвтектика Fe- $Fe_3(C,B)$	$W_2C$ , $Fe_3W_3C$	4,4 $\pm$ 0,2	13,3 $\pm$ 0,1	7,9 $\pm$ 0,3	8,6 $\pm$ 0,2	~100
Fe-B-C-Al-Si-Mn-P	$\gamma$ и эвтектика Fe- $Fe_3(C,B)$ , легированный Si, Al, P, Mn	Обезуглероженный слой $W_2C$ и WC	6,5 $\pm$ 0,3	13,3 $\pm$ 0,1	7,0 $\pm$ 0,4	11,1 $\pm$ 0,3	~35

Таблица 3. Сравнение свойств композиционных покрытий с наполнителем W-C и сплавами-связками Fe-B-C и Fe-B-C-Al-Si-Mn-P

Связка	Твердость, HRC <sub>3</sub>	Скорость коррозии в растворах, г/(м <sup>2</sup> ·ч)			Коэффициент относительной окалиностойкости	Коэффициент относительной обрабатываемости	Коэффициент относительной газоабразивной износостойкости
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>			
Fe-B-C	52,1±2,3	1,43±0,12	1,12±0,07	5,74±0,23	1,0	1,0	1,0
Fe-B-C-Al-Si-Mn-P	58,4±3,5	0,61±0,03	0,58±0,10	4,92±0,31	1,15±0,05	1,2±0,1	1,3±0,2

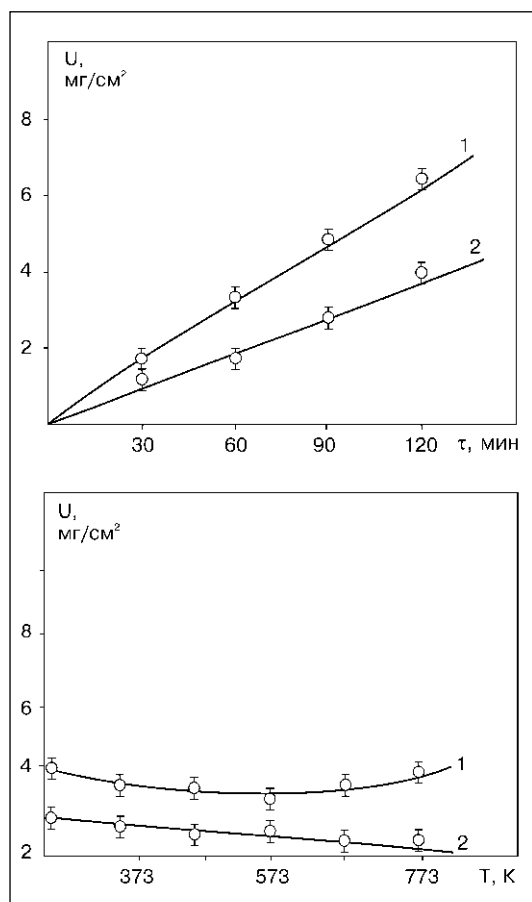


Рис. 5. Влияние длительности  $\tau$  (а) и температуры  $T$  (б) испытаний на удельный износ  $U$  композиционных покрытий: 1 — (Fe-B-C) / (W-C); 2 — (Fe-B-C-Al-Si-Mn-P) / (W-C)

вает повышенную износостойкость вследствие более высокого качества шлифованной поверхности покрытий после механической обработки. Но в процессе шлифования возможно выкрашивание частиц наполнителя, которые, попадая между абразивным кругом и шлифуемой деталью, дополнительно повреждают поверхность. Образующиеся трещины становятся очагами разрушения при работе в газоабразивной среде.

Таким образом, проведенные исследования показали, что одновременное легирование сплава Fe-B-C кремнием, алюминием, марганцем и фосфором позволяет обеспечить повышенные механические, технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов на основе карбидов вольфрама. Комплексно легированная связка Fe-B-C прошла успешные промышленные испытания на криворожском металлургическом комбинате «Криворожсталь». Предложенный композиционный материал использовали для упрочнения деталей металлургического оборудования, таких как уравнительные клапаны доменных печей, детали гидронасосов и др. Достигнуто повышение срока службы деталей в 1,5–2 раза. ● #617

## Клеи для инертных поверхностей

(Окончание. Начало на стр. 24–25)

приборостроении, обладает высокой жизнеспособностью при 20 °С (10–14 сут), его удельное электрическое сопротивление  $2 \cdot 10^{-3}$  Ом·м, рабочий диапазон температур от минус 60 до плюс 200 °С.

Для склеивания керамики с металлами и стеклопластиков разработан клеевой состав К-507 и клей Кл-П-7, проявляющие высокие адгезионные свойства при склеивании углепластиков с алюминием,

аримидными пленками и другими материалами, отличающимися коэффициентом теплового расширения. Склеенные образцы выдерживают более 1,5 тыс. термоциклов при температуре от минус 190 до плюс 150 °С.

Таким образом, на основе полифункциональных олигомеров созданы высокоэффективные адгезивы для широкого спектра материалов, включая материалы с низкой поверхностной энергией. Они обеспечивают высокую прочность клеевых контактов в интервале температур от минус 150 до плюс 200 °С. ● #616

# Ограничитель напряжения холостого хода ОНТ-1 для сварочных трансформаторов

ООО «Научно-производственное предприятие «Электроавтоматика» специализируется на разработке и выпуске электронных приборов промышленного назначения. С начала 2003 г. предприятие выпускает ограничители напряжения холостого хода ОНТ-1 для однофазных однопостовых сварочных трансформаторов (СТ). На данный момент осваивается производство разработанного предприятием ограничителя напряжения холостого хода для трехфазных сварочных трансформаторов ОНТ-3. Применение ограничителей позволяет повысить безопасность при работе электросварщика.

Разработка и испытания приборов заняли немало времени, но результат получился отличный! Потребление электроэнергии в режиме холостого хода СТ снижается примерно в 100 раз. Пониженное напряжение холостого хода составляет 3–12 В в зависимости от типа сварочного трансформатора. Это защищает электросварщика от поражения электрическим током во время работы в режиме холостого хода СТ.

С недавнего времени ОНТ-1 выпускается в двух исполнениях, отличающихся способом крепления силовой части кабелей: клеммно-болтовое соединение и соединение с помощью стандартного поворотного разъема, что облегчает коммутацию кабелей.

Ограничитель напряжения ОНТ-1 имеет индикацию работоспособности предохранителя, в нем предусмотрен режим контроля работоспособности самого блока или

## Технические характеристики ОНТ-1:

Напряжение питания сети, В . . . . .	380/220, ±10%
Вид сварочного тока . . . . .	Переменный/постоянный
Номинальный сварочный ток СТ при ПВ=100%, А . . . . .	500
Максимальная мощность потребления, Вт, не более . . . . .	5
Ток, потребляемый СТ совместно с ОНТ-1 в режиме холостого хода, А . . . . .	0,06
Пониженное напряжение, В, не более . . . . .	12
Время срабатывания при замыкании сварочной цепи, с . . . . .	0,02
Габаритные размеры, мм . . . . .	250×300×85
Масса, кг . . . . .	4,3
Гарантийный срок эксплуатации, мес. . . . .	36

СТ. При нажатии кнопки «Контроль» имитируется неисправность блока, и трансформатор переходит в режим холостого хода с повышенным напряжением (как при отсутствии ОНТ-1). Это позволяет в аварийных ситуациях выяснить, что неисправно — прибор или СТ. При перегорании предохранителя загорается соответствующий индикатор, что дает возможность быстро заменить предохранитель, уменьшив время простоя электрооборудования.

Ограничитель напряжения ОНТ-1 изготовлен на надежной элементной базе преимущественно отечественного производства, которая используется в военных технологиях.

В ноябре 2005 г. было принято решение увеличить срок бесплатного гарантийного обслуживания ОНТ-1 с 12 мес. до трех лет. Это касается также всех ограничителей напряжения ОНТ-1, изготовленных ранее.

Блок ОНТ-1 прошел все испытания в Испытательном Центре «Тест» при Национальном космическом агентстве Украины. В процессе испытаний были подтверждены такие характеристики: уровень радиопомех — минимален и соответствует ГОСТ 16842–82; прибор работоспособен в жестких климатических условиях при температуре от минус 40 °С до плюс 55 °С; в повышенной влажности воздуха до 95% при температуре плюс 35 °С; сопротивление изоляции не менее 10 МОм.

Испытательным Центром «Тест» было подтверждено соответствие ограничителя напряжения ОНТ-1 требованиям технических условий ГУ У28.5–31024409–001–2002.

Госнадзорхрантруда Украины своим решением №06–7/2930 от 17.06.2003 согласовал проект технических условий ограничителя напряжения холостого хода ОНТ-1 сварочных трансформаторов и допустил данный прибор к серийному производству.

● #618

**А. В. Василенко,**

директор ООО НПП «Электроавтоматика»



## НВП «Электроавтоматика»

Розробляє, виготовляє, реалізує обмежувачі напруги холостого ходу ОНТ-1 для зварювальних трансформаторів.



Адреса:  
02099, Київ-99, а/с 54.  
Тел. (044) 567-70-45.  
Факс (044) 567-86-94.  
E-mail: automatika@ukr.net

# Новый материал «Салют КХС» для изготовления гальванических ванн

С. В. Малюгин, М. М. Смирнов, Н. В. Давыдкин, А. С. Малюгин, ФГУП ММП «Салют» РАКА (Москва)

В настоящее время на предприятиях, производящих авиационные двигатели, используют гальванические ванны, защищаемые листами из силикатного или графитового материала, а также с защитным покрытием из листовых полимерных материалов. Эти ванны имеют высокую тепловую инертность, малую стойкость в кислых средах для травления цветных металлов (смесь растворов азотной и плавиковой кислот), их защитное покрытие разрушается и становится неработоспособным в условиях циклических тепловых нагрузок.

Для устранения этой проблемы на ФГУП ММП «Салют» разработан новый материал «Салют КХС» (Патент на изобретение № 2239645), сочетающий в себе высокие химическую стойкость, конструкционные и теплопроводные свойства. За основу этого материала был взят эпоксидный перхлорвиниловый продукт, который модифицировали растворимым фторопластом Ф-32Л. С целью улучшения эксплуата-

ционных характеристик гальванической техники была разработана новая ванна из материала «Салют КХС», в многослойную конструкцию которой включены углепластиковые электрические обогреватели, контрольные приборы и специальные защитные слои из фторопластового лака. Ванна намного превосходит по эксплуатационным характеристикам традиционные аналоги и позволяет производить обработку лопастей турбинных двигателей без брака.

К гальваническим ваннам для обработки лопаток газотурбинных двигателей (ГТД) предъявляются следующие требования:

- высокая коррозионная стойкость покрытия;
- высокая теплопроводность покрытия;
- малая тепловая инерционность рабочей емкости при нагреве и поддержании температуры;
- минимальная металлоемкость;

Таблица 1. Сравнительная физико-механическая характеристика свойств материалов «Салют КХС», «Ремохлор», «Арзамит» и силикатной замазки

Параметр	«Салют КХС»	«Ремохлор МБ»	«Арзамит»	Силикатная замазка
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,6–2,8	1,2–2,6	1,4–1,6	1,9–2,2
Температурные условия отверждения, °С, не менее	15	15	15	10
Жизнеспособность при 20 °С, ч	2–4	0,1–3	2–4	4
Время полного отверждения при 20 °С, ч	24–160	24–150	168	240
Гибкость пленки по ШГ-1, мм	1–5	1–6	20	30
Разрушающее напряжение, МПа, не менее:				
при разрыве	40–230	45–250	9–12	2–3
при изгибе	45–270	50–300	20–25	4–6
при сжатии	65–115	70–150	45–60	25–33
Адгезия при сдвиге, МПа, не менее:				
углеродистая сталь—углеродистая сталь		16–27	3–4	2,5–3
углеродистая сталь—стекло (к/у плитка)		10–14	3–4	3–4
углеродистая сталь—графит АТМ		8–9	3,5–5	1–1,5
титан—титан		17–28	5–6	Нет данных
углеродистая сталь—эбонит 51–1626		8–14	1,8–3	1,5–2
бетон—бетон		Выше пр. бет.	3–4	Нет данных
Морозостойкость, °С	–60	–40	–20	–25
Водостойкость, °С	150	120	180	Плохая
Полируемость	Отличная	Хорошая	Удовлетворит.	Плохая
Теплопроводность при 20 °С, Кал/(см·с·град)	0,420	0,1–0,3	0,1–0,3	Нет данных
Теплоемкость при 20 °С, Кал/(г·град)	0,45	0,07–0,15	0,07–0,15	Нет данных



**Таблица 2. Сравнительная химическая стойкость нового материала «Салют КХС» и материалов «Ремохлор», «Арзамит», силикатной замазки**

Агрессивная среда	Концентрация, % по массе	Максимальная температура применения, °С				
		«Салют КХС»	«Ремохлор»	«Арзамит»	Силикатная замазка	
Синтетическая соляная кислота	Любая	130	90	120	160	
Серная кислота	Не выше 60	125	80	120	Кипения при концентрации выше 30%	
	Не выше 80	115	70	80		
	Не выше 95	95	50	30	Кипения	
	Олеум	50	Не применяют			
Азотная кислота	Не выше 60	80	Не применяют		70	
Плавиковая кислота	Любая	80	70	120	Не применяют	
Фосфорная кислота		80	70	120	Не рекомендуется	
Кремнефтористая кислота		90	120	—	Не применяют	
Гидрооксиды Na, K, Li		125	120	20		
Аммиачная вода		Кипения	Кипения	Не применяют		
Известковая вода		105	100	20		
Растворы: гипохлоритов Na, Ca хлоратов хлоридов K, Na, Fe, Zn сульфатов Cu, Fe, Ni, Co, Zn, Ca, W, Mo фосфатов		Любая	75	60	Не применяют	Не применяют
			80	60		60
			115	100	120	120
			Кипения	100	120	Кипения
	120		100	120	Применяют ограниченно	
Воздух	—	150	120	140	300	

- безопасность в работе;
- простота обслуживания;
- долговечность;
- ремонтпригодность;
- относительно невысокая цена и минимальные эксплуатационные затраты.

Для выполнения этих требований наиболее предпочтительно использовать при изготовлении гальванических ванн защитные полимерные композиционные материалы (ПКМ), наполненные порошками цветных металлов, керамики и графита, причем эти материалы могут быть применены и как конструкционные.

На ФГУП ММП «Салют» совместно с авторами был разработан новый ПКМ для изготовления и защиты гальванического оборудования от воздействия агрессивных сред, отвечающий требованиям, предъявляемым к гальваническому оборудованию на предприятиях авиадвигателестроения.

За основу нового ПКМ был взят материал «Ремохлор МБ», разработанный ГУП НИИ «Синтез». «Ремохлор МБ» — это эпоксиперхлорвиниловая композиция, которую отверждают аминными отвердителями.

В табл. 1 приведена сравнительная физико-механическая характеристика свойств нового материала «Салют КХС» и мате-

риалов «Ремохлор», «Арзамит», силикатной замазки.

«Салют КХС» незначительно уступает по физико-механическим характеристикам материалу «Ремохлор МБ», что дает возможность использовать его наряду с прототипом в конструкциях гальванических ванн, полностью изготавливаемых из ПКМ. «Салют КХС» рассматривали как конструкционный материал, который можно перерабатывать в изделие (гальваническую ванну) методом мокрой выкладки или напылением рубленого волокна со связующим на заранее подготовленную мастер-модель изделия, изготавливаемую, например, из фанеры или гипса, с последующим отверждением на воздухе или при температуре не более 80 °С. По теплопроводности «Салют КХС» значительно превосходит «Ремохлор МБ», поэтому может быть использован в конструкциях обогреваемых стенок с низкой тепловой инерционностью при нагреве.

В лабораторных условиях были проведены исследования по определению химической стойкости нового материала «Салют КХС».

В табл. 2 приведена сравнительная химическая стойкость нового материала «Салют КХС» и материалов «Ремохлор», «Арзамит», силикатной замазки. ● #619



# Управление качеством сварки на основе причинно-следственных связей образования дефектов сварных соединений трубопроводов и металлоконструкций

*П. В. Занковец, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством НАНБ (Минск)*

По данным Проматомнадзора МЧС, в Беларуси насчитывается 213 000 особо опасных объектов, 11 200 км только магистрального трубопроводного транспорта, 60% которого эксплуатируют более 30 лет, поэтому проблема качества и надежности сварных конструкций стоит сегодня как никогда остро.

Мировой опыт показывает, что применение только прогрессивных технологий не обеспечивает требуемый уровень качества сварки, так как сборочно-сварочное производство является по сути сложнейшим процессом, зависимым от множества как внутренних, так и внешних факторов. Для того чтобы качество сварных соединений отвечало требованиям международных стандартов серии ИСО-9000, ИСО-9002, ИСО-3834, необходимо также постоянно совершенствовать систему управления и контроля за качеством сборочно-сварочных работ. Чтобы предупредить брак, необходимо знать наиболее вероятные причины его появления. В системе обеспечения качества и надежности сварных соединений проблема определения и предупреждения причин дефектов сборочно-сварочных работ является безусловно одной из важнейших.

Обычно причины возникновения дефектов трактуют в общем случае исходя из особенностей металлургических и тепловых процессов, а также особенностей формирования шва, связанного с режимом сварки и материалами. Эти причины, как правило, не учитывают конкретные особенности и условия выполнения сварочных работ для отдельной статистически однородной базовой (генеральной) совокупности (БС). Например, изготовление сварных швов стальных трубопроводов диаметром 25 и 1420 мм имеет свою специфику. Возникающие при

этом дефекты и их причины кардинально отличаются. Поэтому для того чтобы появилась возможность исследовать и определять причины появления дефектов, необходимо было решить ряд задач: систематизировать сварочное производство по его элементам, разработать универсальные единицы измерения дефектов (качества) по количеству и протяженности, разработать систему учета, контроля и анализа качества сварочных работ и сварных соединений, компьютерную базу данных и знаний, позволяющую создать «историю качества» по конкретным партиям сварных соединений:

<b>Номер показателя</b>	<b>Наименование показателя</b>
01	Монтажная организация
02	Объект
03	Этап
04	Конструктивный элемент
05	Нормативный документ
06	Способ сварки
07	Марка стали
08	Диаметр (длина) соединения
09	Толщина, мм
10	Фамилия (клеймо) сварщика, мастера
11	Дата контроля — день, месяц, год
12	Метод контроля
13	Фамилия оператора-дефектоскописта
14	Сварено стыков с начала работ
15	Сварено стыков за месяц
16	Проконтролировано стыков, всего
17	Проконтролировано стыков за месяц
18	Забраковано стыков, всего
19	Забраковано стыков за месяц
20	Наименование дефекта
21	Длина дефекта, мм
22	Ширина дефекта, мм
23	Глубина дефекта, мм
24	Количество дефектов

- 25 . . . . . Протяженность дефектов
- 26 . . . . . Причина дефекта
- 27 . . . . . Виновник дефекта
- 28 . . . . . Рекомендация

Учитывая современный уровень компьютерной техники, объем хранимой и накапливаемой со временем информации практически неограничен. И чем больше в памяти компьютера информации о дефектах и их причинах по ранее изготовленным конкретным сварным соединениям, тем выше вероятность и достоверность предупреждения или определения причин брака при изготовлении аналогичного соединения. Компьютерная система сможет давать выверенные временем и практикой ответы на вопросы типа «при каком способе сварки и при каких условиях качество изготовления ... соединения будет оптимальным?» (что будет, если...?) или по обратной связи «при изготовлении сварного соединения ... типоразмера при ... условиях идут ... дефекты. Подскажи их главные причины» (что делать, если...?).

В результате исследований конкретных технологических процессов и их режимов определена зависимость качества заключительной операции (сварки) от определенных производственных факторов, влияющих на процесс. Установлено, что при проведении сварочных работ на качество сварного соединения влияет множество различных факторов. Из этих факторов необходимо было установить, какие из них являются доминирующими.

Каждый фактор обуславливают определенное состояние материалов, оборудования, исполнителей, условий, которые характеризуют конкретные параметры для конкретной базовой совокупности сварных соединений. Назовем эти параметры факторными. Положительные — это факторные параметры, удовлетворяющие требованиям технических условий (ТУ) и обеспечивающие ведение операции сварки с минимальным образованием дефектов. Отрицательные факторные параметры, вызывающие систематическое появление дефектов при сварке, будем называть факторными причинами или просто причинами дефектов.

Факторные параметры, как правило, переменны по величине. Под действием различных производственных условий на конкретном объекте они могут изменяться (хранение, транспортировка, условия эксплуатации и т. д.). Поэтому учет параметров должен быть постоянным, а проверка

**Таблица 1. Влияние доминирующих факторов на образование дефектности сварных соединений**

Номер	Наименование	Доля в БС <sub>1</sub> , %	Среднее значение, %
1	Подготовка и сборка под сварку	24–34	29
2	Квалификация исполнителей	19–31	25
3	Сварочные материалы	17–30	19
4	Сварочные процессы	11–19	15
5	Сварочное оборудование	5–13	9

их состояния систематической. Таким образом параметрически оценивают состояние каждого производственного фактора: «квалификация исполнителей» — разряд, стаж, тренированность, возраст, состояние здоровья; «подготовка и сборка» — разделка кромок (угол), состояние кромок, зазор, зачистка, прихватка и т. д.

В результате исследований большого объема данных визуального (ВК), рентгеновского (РГ), гаммаграфического (ГГ) и ультразвукового (УЗК) контроля установлено пять важнейших (доминирующих) факторов, влияющих на технологические процессы сборочно-сварочных работ и являющихся причиной 90–97% возникающих дефектов. Определена также их доля в образовании дефектности (табл. 1).

Из полученных результатов вытекает важный вывод, что дефектность каждой конкретной базовой совокупности стыков можно рассматривать как многопараметровый регулятор управления качеством, а цепочку фактор-причина-дефект (Ф–П–Д) — как управляющую по обратной связи. Общая схема модели, по которой исследовали и устанавливали причины появления дефектов в сварных швах, выглядит следующим образом.

При появлении в сварном соединении дефектов (количества и размера дефектов) выше установленного уровня определяли причины образования и устраняли их. Эту процедуру выполняли до тех пор, пока уровень не устанавливался в пределах границ, требуемых техническими условиями.

Как показали выполненные исследования, дефекты образуются в результате сочетания различных причин (нарушений), но всегда при какой-то одной-двух доминирующих причинах (ДП). Сложность определения причин заключается в том, что при изменении какой-то одной причины в ряду причин дефект может переходить из одного состояния (типа) в другое, с другими формами и размерами. Поэтому изуче-



ние связей Ф–П–Д возможно не вообще, а конкретно для каждой БС в определенных, заранее известных условиях. На основании исследований связи «причина–дефект» установлена статистическая зависимость между доминирующими причинами и структурой дефектности. Статистическую связь подтвердили результаты большого объема анализов, выполненных на объектах сборочно-сварочных работ.

В первом случае (до устранения причины) определяли связь конкретной причины с конкретными дефектами. Во втором случае (после устранения причины) – влияние данной причины на объем и структуру дефектности.

Для практических условий важно определить вероятность того, что данная структура представляет данную доминирующую причину и, как следствие, конкретный фактор технологического процесса сварки, т. е. вероятность

$$0 < P(\text{ДП}) < 1 \text{ или } P(\text{ДП}) = \bar{p}$$

определяли на основании статистических данных неразрушающих методов контроля (НК) по годовому циклу контроля:

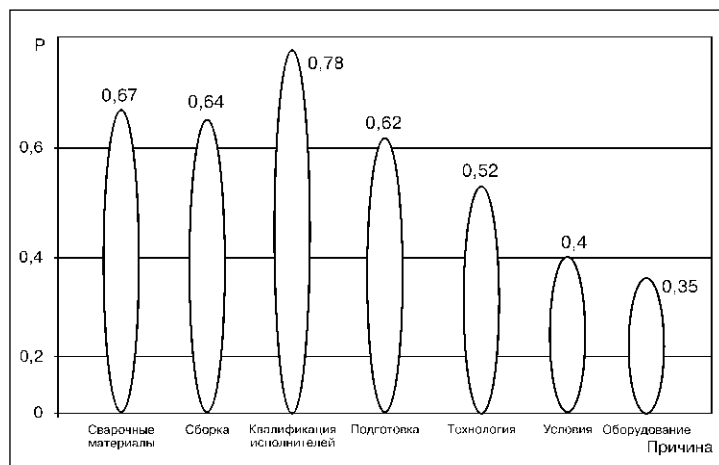
$$P(\text{ДП}) = (A / \sum_{i=1}^n (\Phi_{a\Pi})) 100\%,$$

где  $\sum_{i=1}^n (\Phi_{a\Pi})$  – число повторений; А – число практических подтверждений причины.

Например, за год по фактору «сварочные материалы – электроды УОНИ–13/45» выявлено 310 случаев, когда в качестве доминирующей причины возникшей недопустимой дефектности было недостаточное качество электродов, из них на практике подтвердилось практически 265 случаев. Вероятность достоверности определения причины дефектности по ее структуре составила

$$P(\text{ДП})_a = 265 : 310 = 0,88.$$

Рисунок. Вероятность Р основных причин образования недопустимых по СНиП дефектов при ручной дуговой сварке стыковых соединений трубопроводов



Анализ причин дефектов в цепочке Ф–П–Д проводили с использованием массивов истории качества для конкретной БС по следующей методике. Из отчетов операторов-дефектоскопистов предупредительного контроля (ПК) или экспертным путем устанавливали основные причины и дефекты, выявленные на участке контроля в момент действия указанной причины. Их систематизировали и обрабатывали с помощью компьютерной техники.

Цель исследования:

- установить, какие дефекты по типу и количеству образуются в момент действия определенных причин;
- установить структуру дефектности и ее зависимость от причин;
- определить доминирующие причины в ряду действующих причин на объектах сварочных работ.

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

Структуру недопустимой дефектности, образовавшейся из-за низкого качества электродов, характеризует насыщенность порами (по 1,6 на участок контроля), шлаковыми включениями, а также скоплениями и цепочками пор и шлаков – по 0,6 шт./уч. Вместе с тем количество непроваров при этой причине минимально – один непровар на 20 участков.

При некачественной сборке пор и шлаков меньше в 1,5–2 раза, а дефекты СПШ отсутствуют, однако резко возрастает (в 10–12 раз) число непроваров – один непровар на 1–2 участка. Наличие всех видов технологических дефектов свидетельствует о низкой квалификации сварщика.

Основными доминирующими причинами дефектов стыков, свариваемых в смесях, являются:

- низкое качество поверхности сварочной проволоки (ржавчина, загрязненность);
- повышенная влажность газа;
- низкое качество подготовки и сборки под сварку.

Эти причины составляют 61,2% и генерируют около 86% всех дефектов данной базовой совокупности.

Структура дефектности, образуемая из-за грязи и ржавчины на поверхности проволоки, а также повышенной влажности газа имеет большое количество недопустимых пор (2,9 на участок контроля). При некачественной подготовке и сборке преобладают протяженные дефекты (непровары, смещение кромок) – около 1,0 на участок

контроля. Существенное влияние на образование дефектов оказывает также нарушение технологии (поры 1,9 на участок контроля) и условия сварки (2,0 на участок контроля).

Важным результатом исследования является установление причинно-следственных связей между ДП и структурой дефектности, образующейся под влиянием этих причин (*рисунк*). Каждую доминирующую причину по конкретной базовой совокупности характеризует:

- число ее повторений (частотой);
- сумма участков, забракованных по этой причине;
- сумма дефектов, генерируемых этой причиной;
- тип дефектов (поры, шлаки, непровары и т. д.);
- размер дефектов.

Следовательно, каждую доминирующую причину можно характеризовать формулой по количеству или протяженности дефектов:

$$[ДП]_{iФ} \rightarrow \sum_{i=1}^n \sum_{\sigma=1}^m D_{\sigma} \rightarrow [ПХ_{\sigma} + ШУ_{\sigma} + НЗ_{\sigma} + \dots],$$

или

$$[ДП]_{iФ} \rightarrow \sum_{i=1}^n \sum_{\sigma=1}^m L_{\sigma} \rightarrow [ПХ_{\sigma} + ШУ_{\sigma} + НЗ_{\sigma} + \dots],$$

где  $iФ$  –  $i$ -й доминирующий фактор БС; П, Ш, Н и т. д. – типы дефектов;  $X_{\sigma}$ ,  $Y_{\sigma}$ ,  $Z_{\sigma}$  и т. д. – количество недопустимых по СНИП дефектов на участке контроля.

Пример распределения дефектов при разлаженном процессе ручной дуговой сварки стыков трубопроводов в условиях доминирующих факторов представлен в *табл. 2* двухмерной матрицей частот. По вертикальным строкам дана частота появления дефектов по каждому фактору, а по горизонтальным – частота появления видов дефектов. Для практического использования двухмерную матрицу частот удобнее выражать в форме условных частот или вероятностей (*табл. 3*).

В *табл. 3* по горизонтали показаны вероятности образования дефектов при условном, как бы зафиксированном факторе, а по вертикали – вероятность фактора при установленном дефекте.

Матрица вероятностей позволяет прогнозировать уровень дефектности (объем, количество) по конкретным БС, а также определять причины брака при разлаженном процессе. Например, по горизонтальным строкам: вероятность того, что по фак-

**Таблица 2. Распределение дефектов при разлаженном процессе ручной дуговой сварки трубопроводов диаметром 350–520 мм**

Фактор	Дефект					
	П	Ш	Н	СПШ	Фш	Σ
Подготовка и сборка	13,7	2,5	8,2	2,8	5,9	33,1
Квалификация	8,8	2,0	5,4	2,0	4,4	22,6
Сварка	7,8	1,4	5,4	2,1	4,9	21,6
Материалы	6,9	1,6	4,3	1,5	3,4	17,7
Оборудование	2,0	0,4	1,2	0,4	1,0	5,0
Σ	39,2	7,9	24,5	8,8	19,6	100,0

**Таблица 3. Матрица вероятности событий «фактор-дефект» при ручной дуговой сварке трубопроводов диаметром 350–520 мм**

Фактор	Дефект					
	П	Ш	Н	СПШ	Фш	P <sub>i</sub> , %
Подготовка и сборка	41/35	8/32	25/33	9/32	18/31	33,1
Квалификация	39/22	9/25	24/22	9/23	19/22	22,6
Сварка	36/20	7/17	25/22	10/23	23/25	21,6
Материалы	39/18	9/21	24/18	9/17	19/17	17,7
Оборудование	40/5	8/5	24/5	8/5	20/5	5,0
P <sub>j</sub> , %	39,2	7,9	24,5	8,8	19,6	100,0

тору «квалификация» может формироваться дефектность, равна 0,226 или 22,6%, вероятность же появления дефектов типа пор равна 0,39 или 39%. По вертикальным столбцам: вероятность того, что в общем объеме дефектности по БС образуются дефекты в виде пор, составит 0,392 или 39,2%, а вероятность того, что такой дефект возникает из-за фактора «квалификация», равна 0,22 или 22%.

Разработанные методы и средства, компьютерная база знаний позволяют проводить временной сравнительный анализ качества и стоимости изготовления идентичных сварных соединений по способам сварки, сварочному оборудованию и материалам, условиям сварки, дефектоскопическому контролю и другим показателям. Благодаря «истории качества» появляется возможность оценивать и сравнивать уровень качества конкретных производственных факторов, квалификацию сварщиков и уровень качества при изготовлении сварных соединений различных типоразмеров, что позволяет изначально правильно организовать сварочный процесс на объекте сварки.

● #622

# Новая версия программы для анализа сварочных процессов на переменном токе

Л. А. Жданов, В. Т. Котик, кандидаты техн. наук, В. Н. Коперсак, В. Л. Коваленко, В. В. Чабанов, Национальный технический университет «КПИ» (Киев)

Процессы сварки и наплавки на переменном токе в настоящее время не утратили своей актуальности. Об этом свидетельствует положительная динамика выпуска оборудования для ручной дуговой сварки на переменном токе и увеличивающийся с каждым годом объем производимых сварочных материалов общего назначения для этого способа сварки. Это обстоятельство предопределяет необходимость более тщательного отношения к оценке качества производимого оборудования и сварочных материалов.

ГОСТ 25616–83 «Методы испытания сварочного оборудования для дуговой сварки и критерии оценки их качества» регламентирует необходимость контроля следующих параметров сварочного процесса: начальное зажигание дуги (старт дугового процесса), эластичность дуги, ста-

бильность установившегося режима дугового процесса, разбрызгивание металла. В то же время этот стандарт предлагает оценивать данные параметры с помощью субъективного человеческого фактора.

Повысить объективность оценочных характеристик возможно путем использования компьютерных технологий, но это предполагает преобразование всех параметров в цифровую форму.

Современные компьютерные технологии позволяют получать образ аналогового сигнала, характеризующего те или иные процессы, в цифровой форме с возможностью его последующего анализа. Основной задачей при этом является выбор следующих параметров:

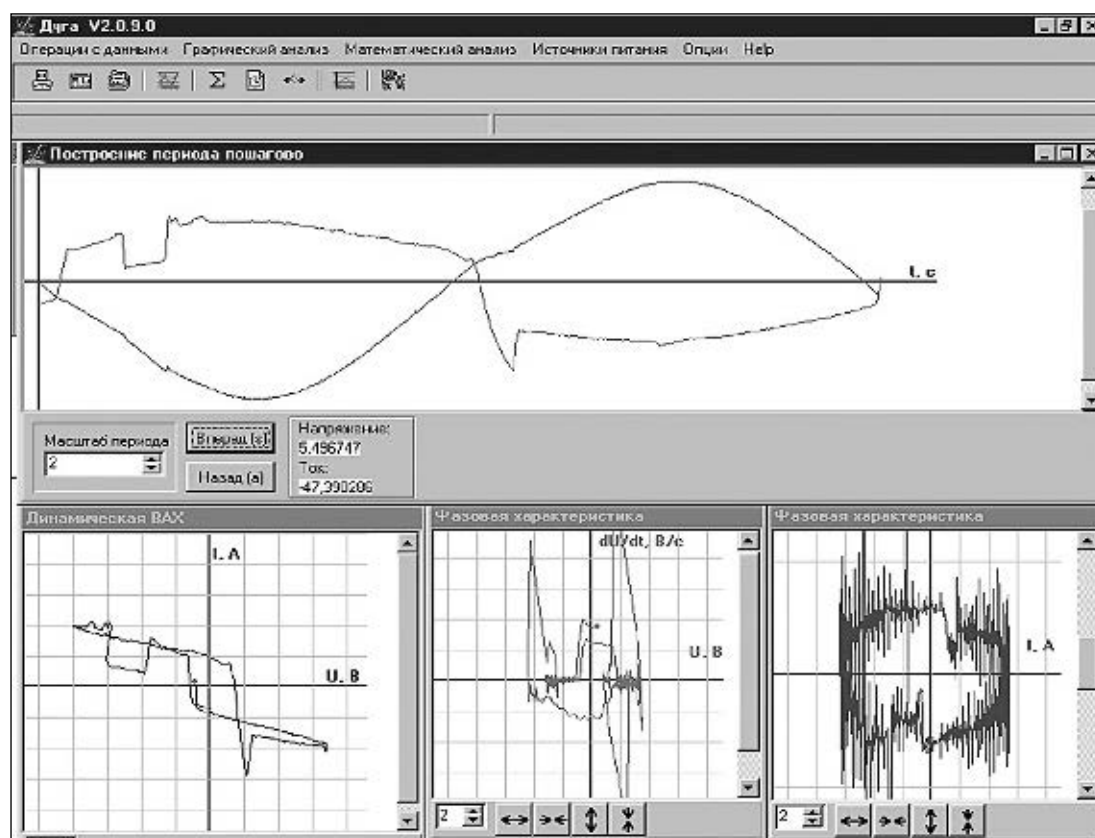


Рис. 1. Графический интерфейс новой версии программы «Дуга»

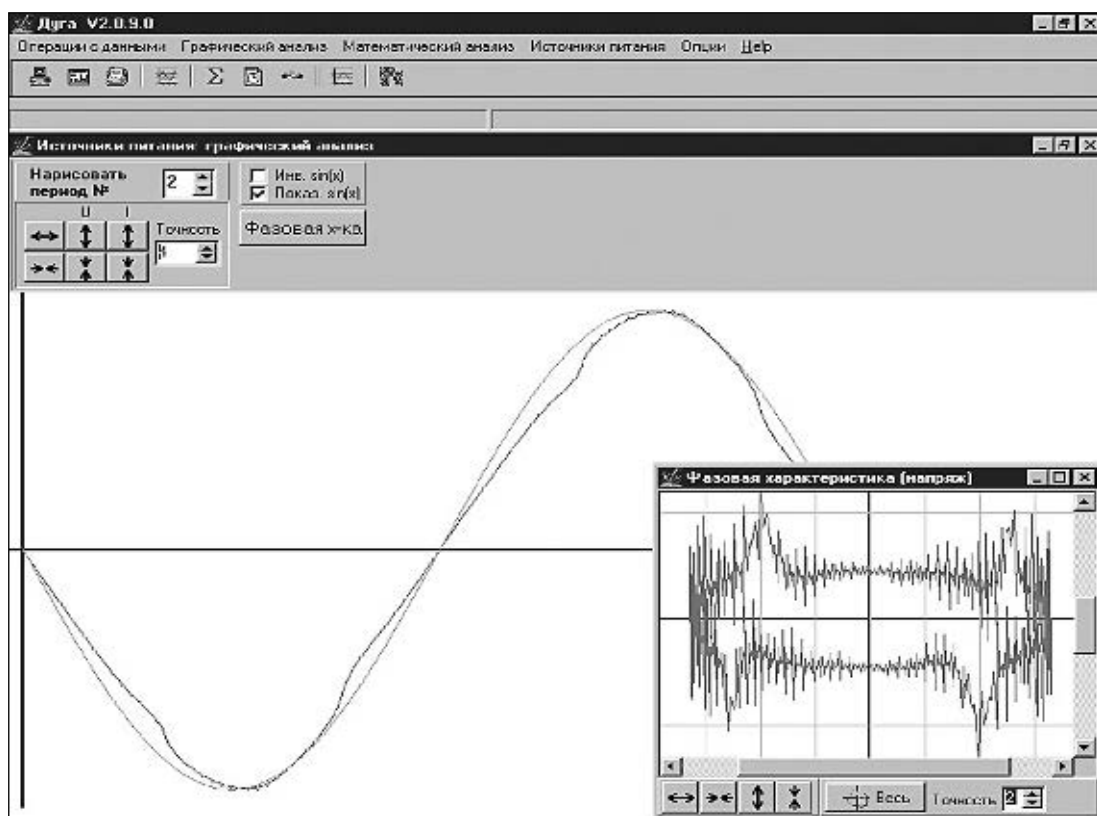


Рис. 2. Графический анализ программы для тестирования (испытания) сварочного оборудования

- необходимой частоты дискретизации сигнала, т. е. количества фиксируемых точек в единицу времени;
- разрядности (битности) записываемого сигнала (количества знаков, характеризующих каждую фиксируемую точку);
- программного обеспечения, обеспечивающего запись, а главное, необходимый уровень анализа полученных осциллограмм.

Частота дискретизации сигнала, адекватно характеризующая осциллограммы тока и напряжения при сварке на переменном токе, может быть определена по теореме Невскинта-Котельникова и при необходимости фиксации переходных процессов составляет порядка 40–50 кГц.

Разрядность записывающего устройства, а обычно это аналого-цифровой преобразователь (АЦП), выбирают исходя из необходимой точности анализа каждого полупериода и ценовых показателей. В частности, при записи в 16-разрядном формате форма фазовой характеристики, описывающей скорость изменения силы тока или напряжения в каждом полупериоде, приобретает форму непрерывной зависимости только при усреднении значений по 5–6 близлежащим точкам. С одной стороны, построение таких характеристик при восьмиразрядной записи неадекватно отражает аналоговый сигнал, а при двенадцатиразрядной являет-

ся весьма проблематичным. С другой стороны, увеличение возможностей разрядной записи скачкообразно увеличивает стоимость записывающего устройства.

В качестве программного обеспечения (ПО) для записи оцифрованного аналогового сигнала может быть использовано: стандартно поставляемое вместе с АЦП универсальное программное обеспечение типа PowerGraph и специально разработанное. Учитывая, что каждая АЦП или устройство, являющееся их аналогом, обладают определенными особенностями, требующими конкретного анализа этих особенностей при создании ПО, для записи цифрового сигнала использовали PowerGraph версии 2.1, который бесплатно распространяет компания-разработчик ООО «Интероптика-С». Однако в связи с особенностями сигнала, описывающего процесс сварки на переменном токе, необходимый последующий анализ этого сигнала не может быть проведен с помощью перечисленных ПО. Связано это с необходимостью разделения полученного цифрового сигнала на участки, соответствующие полупериодам тока и напряжения при сварке, с целью их локального анализа и при необходимости интегрального анализа всей осциллограммы на основании полученных данных по полупериодам.





Разделение осциллограмм тока и напряжения на полупериоды, поиск их максимальных и минимальных значений в каждом полупериоде, а также интервала времени, соответствующего этим значениям по задаваемой длине полупериода, определение величины сдвига фаз между током и напряжением было реализовано в версиях программы «Зварник». Кроме этого, программа «Зварник» имела блок графического анализа, позволяющий получать динамические вольт-амперные характеристики (ВАХ) и фазовые характеристики, в том числе и в режиме пошагового построения. Однако рассмотренные версии программы обладали определенными недостатками: сложный алгоритм поиска точки пересечения осциллограммы с нулевой линией затруднял обработку больших массивов данных и приводил к появлению ошибок при незначительном нарушении формы осциллограммы возле нулевой линии; длину анализируемого участка полупериода приходилось задавать вручную, исходя из внешнего вида осциллограммы; графический пакет обработки осциллограмм позволял проводить их масштабирование в довольно узких пределах, что вызывало определенные затруднения при одновременном визуальном сопоставлении самих осциллограмм с динамическими и фазовыми диаграммами этих осциллограмм. Кроме того, программа не позволяла проводить комплексный анализ всей осциллограммы.

В новой версии программы, которая получила новое название «Дуга», изменен алгоритм разделения осциллограмм тока и напряжения на полупериоды, что значительно увеличило скорость обработки данных, дало возможность уйти от возникающих в предыдущей версии программы ошибок. Разработанный новый подход к анализу данных позволил выявлять основные области осциллограммы каждого полупериода в автоматическом режиме. При этом программа делит осциллограммы тока и напряжения на четыре участка, соответствующих по времени величине сдвига фаз между током и напряжением, поджигу дуги и стабильному горению дуги. Время, соответствующее поджигу дуги, в свою очередь делится на время аккумуляции энергии и время пробоя дугового промежутка. Одновременно определяются мгновенные действующие значения силы тока и напряжения, соответствующие началу и окончанию каждого участка, и скорость нарастания силы

тока и напряжения на этих участках. Для участка стабильного горения дуги определяется максимальное, минимальное и среднее значения напряжения, а также амплитудное значение силы тока на синусоиде. Имеется возможность дополнительного анализа участка горения дуги на основе качественных изменений на осциллограмме.

Комплексный анализ всей осциллограммы процесса сварки позволяет находить средние значения всех перечисленных параметров, а также проводить их дисперсионный анализ. На основании этого анализа можно сделать вывод о стабильности процесса сварки в целом. Обработанные данные программа может сохранять в собственном формате (dig), текстовом формате или в формате Microsoft Excel.

При разработке нового визуального интерфейса были учтены замечания к предыдущей версии программы. Разработанный новый визуальный интерфейс позволил значительно улучшить окно графического анализа (рис. 1). Предусмотрена возможность осуществлять построение динамических и фазовых характеристик как в отдельных окнах, так и в совмещенном пространстве. Сохранена функция пошагового построения. Добавлена возможность определения координаты точки на динамической вольт-амперной характеристике. Полученное графическое изображение можно экспортировать в различный графический формат или прямо распечатать на принтере.

Отдельная версия программы позволяет тестировать сварочное оборудование для сварки и наплавки на переменном токе как по напряжению холостого хода, так и при испытании его с активной нагрузкой с помощью балластного реостата. Тестирование проводится численным и графическим методами. При численном методе можно получить информацию, характеризующую стабильность всех параметров синусоиды источника питания на различных режимах, при графическом анализе — саму геометрию синусоиды, а также ее динамическую характеристику (рис. 2). Динамическая характеристика четко и наглядно показывает отклонения синусоид напряжения и тока источника питания от идеальной формы, а также отличия в каждом полупериоде. При тестировании необходимо учитывать, что синусоида источников питания для сварки имеет свои особенности, связанные с требованиями к ним (обычно это повышенная индуктивность).





# Дуговая сварка. Материалы и качество

## Научно-практический семинар

**П. В. Игнатченко**, исполнительный директор Ассоциации «Электрод»

26–30 сентября 2005 г. на базе ОАО «Магнитогорский метизно-металлургический завод» в г. Магнитогорске состоялся второй научно-практический семинар по сварочным материалам «Дуговая сварка. Материалы и качество», посвященный 15-летию Ассоциации «Электрод» предприятий стран СНГ. Семинар был организован Ассоциацией «Электрод», ОАО «МММЗ», Межгосударственным научным советом по сварке и родственным технологиям, Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, ФГУП НИИ КМ «Прометей», Российским научно-техническим обществом, Обществом сварщиков Украины.

В работе семинара приняли участие ведущие производители, разработчики сварочных материалов, технологического оборудования, ученые, конструкторы и технологи, представители обществ сварщиков СНГ, потребители сварочных материалов и поставщики сырья, которые выступили с докладами и сообщениями по актуальным вопросам развития производства сварочных материалов, обеспечения их качества и конкурентоспособности.

15-летию был посвящен доклад исполнительного директора Ассоциации «Электрод» П. В. Игнатченко и президента Ассоциации «Электрод» А. И. Бугая, в котором были освещены основные этапы развития организации за пятнадцатилетний период и результаты ее деятельности, были отмечены достижения многих предприятий-членов Ассоциации. В докладе был также представлен анализ состояния производства сварочных материалов в странах СНГ в период с 2000 по 2004 г. Отмечалось, что в 2004 г. в странах СНГ общий объем производства покрытых сварочных электродов составил 290751 т, из них 77% приходится на предприятия Российской Федерации, 18% — на Украину и 5% — на остальные страны содружества. Рост объема производства по сравнению с 2003 г. составил 6,3%, в том числе в РФ — 5,4%, а в Украине — 9,2%. Объем производства электродов по виду покрытия: с рутильменитовым — 187291 т, с основным — 87343 т. Производство электродов для сварки высоколегированных сталей и цветных металлов составило 16117 т, т. е. увеличилось на 27,7%.

Общий объем выпуска низколегированной сварочной проволоки диаметром до 2,0 мм для механизированной сварки в защитных газах составил 48695 т, из них диаметром 0,8–1,4 мм — 22980 т. В РФ изготовлено 32635 т, из них



диаметром 0,8–1,4 мм — 17108 т, а в Украине — 16060 т, из них диаметром 0,8–1,4 мм — 9020 т. По сравнению с 2003 г. в СНГ производство проволоки увеличилось на 26%, в РФ — на 30%, а в Украине — на 18%. В докладе подчеркивалось, что налажен промышленный выпуск омедненной сварочной проволоки, которая по заказам потребителей поставляется на катушках с рядной намоткой массой от 5 до 15 кг. Поставщиками такой проволоки являются в основном предприятия-члены Ассоциации: ОАО «Межгосметиз-Мценск», ОАО «ММК-Метиз», ОАО «ЧСПЗ» и ОАО «ОСПАЗ» в объединении ОАО «Северсталь-Метиз». В 2004 г. омедненной проволоки изготовлено 5780 т, рост по сравнению с 2003 г. составил 48%.

Сварочной и наплавочной порошковых проволок в 2004 г. изготовлено 4426 т, из них сварочной — 2549 т, наплавочной — 1877 т (по сравнению с 2003 г. рост 23%). Объем производства порошковой проволоки в РФ составил 3458 т: сварочной — 2212 т, наплавочной — 1246 т; в Украине произведено 968 т порошковой проволоки: сварочной — 370 т, наплавочной — 631 т.

Объем производства сварочных флюсов в 2004 г. был на уровне 36886 т, в том числе в РФ — 10585 т, в Украине — 26301 т.

Общий объем производства сварочных материалов в 2004 г. оценивается в 380758 т, в том числе для механизированной сварки — 80751 т. На долю сварочных материалов для механизированной сварки приходится 21% от общего выпуска.

Из приведенных данных видно, что по-прежнему основную долю сварочных работ на предприятиях СНГ выполняют покрытыми электродами. Однако в последние годы наблюдается устойчивая тенденция роста объемов производства и потребления сварочных материалов для механизированной и автоматизированной дуговой сварки.

В своих выступлениях участники семинара подтвердили эффективность работы дирекции, высказали предложения по улучшению деятельности Ассоциации, направленные на создание оборудования, технологий для производства конкурентоспособных сварочных материалов в странах СНГ с учетом требований международных стандартов.

В заключение семинара состоялось награждение дипломами и грамотами лучших предприятий и специалистов сварочного производства за весомый вклад в создание и развитие производства конкурентоспособных сварочных электродов и в честь 15-летия Ассоциации «Электрод». Более чем 30 предприятиям были вручены почетные свидетельства членов Ассоциации «Электрод». ● #624



# Шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні

## Частина I\*

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України

На машинобудівних підприємствах повітря робочої зони може забруднюватись шкідливими речовинами, які утворюються в результаті технологічного процесу (зварювання, термічна обробка заготовок, фарбування та ін.) виробництва різноманітної продукції. Ці речовини потрапляють у повітря у вигляді пилу, аерозолів та газів і негативно діють на організм людини. В залежності від їх токсичності та концентрації в повітрі вони можуть бути причиною отруєнь або хронічних професійних захворювань.

Природний пил знаходиться в повітрі в звичайних умовах мешкання людини в межах концентрації 0,1–0,2 мг/м<sup>3</sup>; в промислових центрах, де діють великі підприємства, запиленість повітря не буває нижче 0,5 мг/м<sup>3</sup>, а на робочих місцях іноді сягає 100 мг/м<sup>3</sup>. Значення гранично допустимої концентрації (ГДК) для нейтрального пилу, що не має отруйних властивостей, становить 10 мг/м<sup>3</sup>.

Основні фізико-хімічні показники пилу: хімічний склад, дисперсність (ступінь подрібнення), будова часток, розчинність, щільність, питома поверхня, нижня та верхня концентраційні межі вибуховості суміші з повітрям, електричні властивості та ін. Значення всіх цих показників дає можливість оцінити ступінь небезпеки та шкідливості пилу, його пожежо- та вибухо-небезпеку.

Промисловий пил може бути класифікований за різними ознаками:

- за походженням — органічний (рослинний, тваринний, штучний), неорганічний (мінеральний, металевий) та змішаний (присутність часток органічного та неорганічного походження);
- за способом утворення — дезінтеграційний (подрібнення, нарізання, шліфування і т. п.), димовий (сажа та частки речовини, що горить) та конденсаційний (конденсація в повітрі пари розплавлених металів);

- за отруйною дією на організм людини — нейтральний (не токсичний для людини пил) та токсичний (який отруєє організм людини).

За токсичною дією шкідливі речовини поділяють на *кров'яні отрути*, які взаємодіють з гемоглобіном крові і гальмують його здатність до приєднання кисню (оксид вуглецю); *нервові отрути*, які викликають збудженість нервової системи, її виснаження, руйнування нервових тканин (наркотики — ацетилен, спирти, сірководень та ін.); *подразнюючі отрути*, що вражають верхні дихальні шляхи і легені (оксиди азоту, озон, аміак, сірчаний газ, пара кислот та ін.); *пропалюючі та подразнюючі шкіру і слизову оболонку* (сірчана та соляна кислоти, луги); *печінкові отрути*, дія яких супроводжується зміною та запаленням тканин печінки (цинк у вигляді зварювального аерозолі, спирти, дихлоретан, чотирихлористий вуглець); *алергени*, що змінюють реактивну спроможність організму (нікель у складі зварювального аерозолі, алкалоїди та інші речовини); *канцерогени*, які спричиняють утворення злоякісних пухлин (шестивалентний хром у складі зварювальних аерозолів, кам'яновугільна смола); *мутагени*, що впливають на генетичний апарат клітин (сполуки ртуті, етилен та ін.).

Концентрацію шкідливих речовин в повітрі робочої зони регламентує ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Згідно з цим стандартом за ступенем дії на організм шкідливі речовини поділяють на чотири класи небезпеки:

1. Надзвичайно небезпечні — мають ГДК у повітрі менше 0,1 мг/м<sup>3</sup> (смертельна концентрація в повітрі менша за 500 мг/м<sup>3</sup>).

2. Високонебезпечні — ГДК становить 0,1–1,0 мг/м<sup>3</sup> (смертельна концентрація в повітрі 500–5000 мг/м<sup>3</sup>).

3. Помірно небезпечні — ГДК дорівнює 1,1–10 мг/м<sup>3</sup> (смертельна концентрація в повітрі 5000–50 000 мг/м<sup>3</sup>).

\* Цією публікацією починається серія статей про шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні, гігієнічну характеристику способів зварювання, сучасні заходи та засоби захисту зварників.

4. Малонебезпечні — ГДК перевищує  $10 \text{ мг/м}^3$  (смертельна концентрація в повітрі більше  $50\,000 \text{ мг/м}^3$ ).

Якщо в повітрі присутні кілька речовин однонаправленої дії, то вони мають сумарний токсичний ефект і якість повітря повинна відповідати зазначеним нормативам за умови, що

$$C_1/\text{ГДК}_1 + C_2/\text{ГДК}_2 + \dots + C_n/\text{ГДК}_n \leq 1.$$

Донедавна ГДК хімічних речовин оцінювали як максимально разові. Перевищення їх навіть протягом короткого часу заборонялось. Останнім часом для речовин (мідь, свинець, ртуть, фториди та ін.), що мають кумулятивні властивості (здатність накопичуватись в організмі), для гігієнічного контролю введена друга величина — середньозмінна ГДК. Наприклад, для фториду натрію середньозмінна ГДК складає  $0,2 \text{ мг/м}^3$ , що значно нижче, ніж його максимально разова ГДК, яка становить  $1 \text{ мг/м}^3$  (таблиця).

Пил або рідини можуть бути присутні в повітрі робочої зони у вигляді аерозолу, тобто у вигляді твердих часток або крапель, які рухаються в повітрі під дією повітряних потоків. При певних умовах аерозолі осідають, і повітря очищується. Тверді частки, що випали з повітря на поверхню, називають аерогель. Пил з розмірами часток від  $0,01$  до  $10 \text{ мкм}$  завдяки аеродинамічним силам, створеним повітряним потоком, тривалий час може знаходитись у вигляді аерозолу в повітрі у зваженому стані. Аерозолі являють собою дисперсну систему, в якій дисперсною фазою є дрібні частинки твердої речовини, а дисперсійним середовищем — газ або суміш газів.

*Дисперсний склад* характеризує пилові частки за розміром і значною мірою обумовлює властивості пилу. Експериментальні дослідження осідання аерозолів в дихальній системі людини привели до таких важливих результатів. Частки аерозолів більші  $10 \text{ мкм}$  повністю осідають в порожнині носа, а при диханні через рот не проникають далі верхніх бронхів. В носі та в бронхіолах внаслідок седиментації також затримується більшість часток з розмірами більше  $5 \text{ мкм}$  та незначна кількість часток дрібніших  $5 \text{ мкм}$  і тільки дуже невелика їх кількість проникає в альвеоли легень. Максимальну проникаючу здатність мають частинки діаметром  $0,8\text{--}1,6 \text{ мкм}$ , які осідають в тонких бронхіолах та альвеолах легень. Зі зменшенням розмірів часток відсоток їх

Таблиця. Основні шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні, та їх ГДК

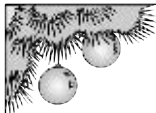
Назва речовини	ГДК, $\text{мг/м}^3$
<i>Аерозолі</i>	
Марганець у зварювальних аерозолях при його концентрації:	
до 20%	0,2
від 20 до 30%	0,1
Оксид хрому (по $\text{Cr}^{3+}$ )	1
Хромати, біхромати (в перерахунку на $\text{CrO}_3$ )	0,01
Нікель, оксиди нікелю (по Ni)	0,05
Залізо, оксид заліза (по Fe)	6
Діоксид кремнію аморфний в суміші з оксидом марганцю у вигляді аерозолу конденсації при вмісті кожного з них не більше 10%	1*
Мідь	1/0,5**
Титан, діоксид титану (по Ti)	10,0
Оксид цинку	0,5
Алюміній і його сплави (в перерахунку на алюміній)	2
Солі фтористоводневої кислоти (по F):	
а) фториди натрію, калію...	1/0,2**
б) фториди алюмінію, магнію, кальцію, стронцію, міді, хрому...	2,5/0,5**
<i>Гази</i>	
Оксиди азоту ( $\text{NO}_2$ , NO)	2,0
Озон	0,1
Оксид вуглецю	2,0
Фтористий водень (в перерахунку на F)	0,5/0,1**

\* ГДК для загальної маси аерозолу.

\*\* В чисельнику — максимальна, а в знаменнику — середньозмінна ГДК.

осадження в альвеолах знижується. Так, близько 80% часток діаметром  $0,2\text{--}0,3 \text{ мкм}$  видихаються з легенів назад в повітря. Частки аерозолу менше  $0,2 \text{ мкм}$  також осідають в бронхах та легенях, причому їх осідання збільшується при зменшенні розмірів часток внаслідок броунівського руху. Для організму людини найбільш небезпечний пил (аерозоль), що складається з частинок розміром  $0,015 \text{ мкм}$ , тому що погано затримується слизовою оболонкою верхніх дихальних шляхів і потрапляє далеко в легеневу тканину.

В залежності від розміру часток аерозолу вони можуть осідати в трахеї, бронхах та бронхіолах, а потім видалятися з цих органів за допомогою волосків. Якщо осілий пил погано розчиняється в слизовій оболонці та тканинах органів дихання, то він не викликає пневмокonioзу. Якщо ж осілі частки пилу розчинні, то їхня за-



гальна токсична дія на організм може виявлятися в залежності від хімічного складу цього пилу.

*Форма часток* пилу також має значення. Частки зазубреної колючої форми небезпечніші за сферичні, бо подразнюють шкіру, легеневі тканини та слизову оболонку, даючи змогу просмоктуватися в організм інфекційним мікроорганізмам, що супроводжують пил або знаходяться в повітрі. Це призводить до атрофічних, гіпертрофічних, гнійних, виразкових та інших змін слизової оболонки, бронхів, легень, шкіри, що веде до катару верхніх дихальних шляхів, виразкового захворювання носової перегородки, бронхіту, пневмонії, кон'юнктивіту, дерматиту та до інших захворювань. Тривале вдихання пилу, що попадає в легені, викликає пневмоконіоз (силікоз, сидероз).

Пилові частки здатні сприймати *електричний заряд* як безпосередньо із газового середовища (пряма адсорбція іонів з повітря), так і в результаті тертя часток пилу між собою або безпосереднього контакту з якою-небудь зарядженою поверхнею. Зварювальні аерозолі отримують електричний заряд ще у зоні дуги. Встановлено, що із загальної кількості пилових часток, які заносяться з повітрям в дихальні шляхи, затримуються слизовою оболонкою переважно заряджені частки.

Найбільш поширеними і шкідливими хімічними речовинами, які визначають токсичність аерозолів, що утворюються при зварюванні легованих сталей, є сполуки марганцю, хрому, нікелю, фтору та ін. (див. таблицю).

*Марганець*, який під час зварювання потрапляє в організм через дихальні шляхи,

має властивість відкладатись в мозку та печінці. Його сполуки є сильною протоплазматичною отрутою, що діє на центральну нервову систему. Отруєння марганцем має хронічний характер і може приводити до розвитку професійної марганцевої пневмонії. Захворювання починається скаргами на слабкість в ногах, тремтіння рук, печію, сонливість. Може наступати розлад ходи, утруднення мови, виникнення болю в кінцівках, ураження центральної нервової системи.

*Хром* як легуюча добавка в складі зварювальних матеріалів потрапляє в організм через дихальні шляхи і починає діяти вже в верхніх дихальних шляхах, причому на слизовій оболонці носа під його впливом можуть розвиватись некротичні процеси, виразки верхніх дихальних шляхів, можливі пневмонії. Шестивалентний хром як канцерогенна речовина створює ризик розвитку віддалених в часі онкологічних наслідків.

*Фтор* у формі різних хімічних сполук (див. таблицю) діє на зварників при застосуванні зварювальних матеріалів зі шлакоутворюючою основою фтористо-кальцієвого виду. Під впливом фтористих сполук розвиваються дерматити, іноді виразки. Ураження дихальних шляхів спричиняє бронхіти, важкі випадки пневмонії. Хронічне отруєння спостерігається під час тривалого впливу малих концентрацій фтору. Внаслідок порушення обміну кальцію уповільнюється ріст кісток, зростає їхня ламкість. Відзначаються також зміни в бронхах та легенях. Хронічне захворювання шкіри та верхніх дихальних шляхів, хвороби кісток є протипоказаннями для прийому на роботу. ● #625

### Уточнение

В прошлом номере нашего журнала (№ 5, 2005 г.) в статье **О. Г. Левченко «Гигиеническая характеристика сварки под флюсом и оздоровление условий труда сварщиков»** были допущены некоторые неточности.

На стр. 44 в преамбуле к статье в трех последних строках

*напечатано:* ... — уровень выделения сварочного аэрозоля (СА) в 2 раза ниже, чем при сварке покрытыми электродами и сварке в защитных газах.

*должно быть:* ... — уровень выделения сварочного аэрозоля (СА) на 1–2 порядка ниже, чем при сварке покрытыми электродами и сварке в защитных газах.

Редакция приносит свои извинения авторам статьи и читателям за допущенные неточности.



# Учебные программы на 2006 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 т. ч. подведомственных государственным надзорным органам)

Шифр курса	Наименование программы		Продолжительность	Сроки проведения	
101	Техническое руководство сварочными работами на объектах, за которыми осуществляется государственный надзор (руководители сварочных работ):	подготовка и аттестация	3 недели (112 ч)	Май, декабрь	
102		переаттестация	24 ч		
103	Руководство сварочно-монтажными работами при строительстве и ремонте газопроводов из полимерных материалов	подготовка и аттестация	2 недели (72 ч)	Февраль, апрель, июль, октябрь, ноябрь	
104		переаттестация	1 неделя (32 ч)		
105	Подготовка и аттестация председателей комиссий по аттестации сварщиков-экспертов Украинского аттестационного комитета сварщиков (УАКС)		3 недели (112 ч)	Сентябрь	
106	Расширение допуска (аттестация) председателей комиссий по аттестации сварщиков-экспертов УАКС		16 ч	В течение года	
107	Подготовка членов комиссий по аттестации сварщиков:	специалистов технологических служб, отвечающих за организацию аттестации сварщиков	2 недели (72 ч)	Март, ноябрь	
108		специалистов служб технического контроля, отвечающих за контроль сварных соединений (включая специальную подготовку к аттестации по визуально-оптическому методу контроля)	2 недели (70 ч)	Февраль, апрель, июнь, июль, сентябрь, декабрь	
109		специалистов служб охраны труда предприятий	2 недели (72 ч)	Июнь	
110	Расширение допуска (аттестация) членов комиссий по аттестации сварщиков — специалистов технологических служб по сварке		16 ч	В течение года	
111	Подтверждение полномочий председателей комиссий — экспертов УАКС:	со стажем 3 года	16 ч	По согласованию с УАКС	
112		со стажем 6 лет	32 ч		
113		со стажем 9 лет	24 ч		
114	Подтверждение полномочий членов комиссий по аттестации сварщиков:	специалистов технологических служб по сварке:	со стажем 3 года	16 ч	Сентябрь
115			со стажем 6 лет	32 ч	Октябрь
116			со стажем 9 лет	24 ч	Июнь, октябрь
117		специалистов по техническому контролю	24 ч	Апрель, июнь, ноябрь	
118		специалистов по охране труда	24 ч	Апрель, ноябрь	
119	Переподготовка специалистов сварочного производства по программам Международного института сварки (с присвоением квалификации):	Международный инженер по сварке	72 и 444 ч <sup>1</sup>	Март, декабрь	
121		Международный технолог по сварке	72 и 340 ч <sup>1</sup>		
123		Международный специалист по сварке	56 и 222 ч <sup>1</sup>		
125		Международный практик по сварке	32 и 146 ч <sup>1</sup>		
127		Международный инспектор по сварке	от 42 до 218 ч <sup>1</sup>		
129	Подготовка менеджеров по управлению качеством в сварочном производстве (с выдачей европейского сертификата)		2 недели (72 ч)	Март, декабрь	
130	Технология и организация производства сварочных электродов		3 недели (112 ч)	Июнь	
131	Техническое руководство сварочными работами при ремонте действующих трубопроводов (под давлением)		2 недели (72 ч)	По согласованию с заказчиком	
132	Организация неразрушающего контроля на предприятиях железнодорожного транспорта		2 недели (72 ч)	Январь, май, декабрь	
133	Подготовка и аттестация специалистов по металлографическим исследованиям:	аттестация	2 недели (72 ч)	Июль	
134		переаттестация	24 ч	Октябрь	
135	Физико-механические испытания материалов и сварных соединений:	повышение квалификации и аттестация	2 недели (72 ч)	Март	
136		переаттестация	24 ч	Октябрь	
137	Эмиссионный спектральный анализ (стилюскопирование) металлов и сплавов:	аттестация	2 недели (76 ч)	По согласованию с заказчиком	
138		переаттестация	24 ч		
139	Ремонт, восстановление и упрочнение изношенных деталей методами наплавки		70 ч		

### Тематические семинары (возможно проведение на базе заказчика)

140	Международные и национальные стандарты в области сварочного производства	2 дня	В течение года
141	Современное сварочное оборудование на рынке Украины	2 дня	
142	Новые технологии профессиональной подготовки сварщиков и дефектоскопистов	1 день	

**2. Подготовка и повышение квалификации педагогических работников системы профессионально-технического образования в области сварки**

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
201	Подготовка, повышение квалификации инструкторов по сварке и родственным технологиям	5 недель (192 ч)	Апрель
202	Повышение квалификации преподавателей специальных дисциплин по сварке и родственным технологиям	3 недели (112 ч)	

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

Подготовка сварщиков:				
301	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	9 недель (352 ч)	Индивидуальное обучение по согласованию с заказчиком	
302	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (ТИГ)	5 недель (192 ч)		
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	электрошлаковой сварки	3 недели (112 ч)	Май, ноябрь	
308	контактной (прессовой) сварки (рельсов, промышленных и магистральных нефте- и газопроводов)	3 недели (112 ч)	Июнь, декабрь	
309	пластмасс (сварка трубопроводов из полимерных материалов)	5 недель (192 ч)	Февраль, апрель, май, июнь, октябрь, ноябрь	
310	по программам Международного института сварки с присвоением квалификации Международный сварщик	5–12 недель <sup>1</sup>	По согласованию с заказчиком	
315	Специальная подготовка по технологии и оборудованию контактной сварки арматуры	2 недели (72 ч)	Индивидуальное обучение по согласованию с заказчиком	
Переподготовка сварщиков:				
316	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	2–4 недели	Индивидуальное обучение по согласованию с заказчиком	
318	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (ТИГ)	2–3 недели		
320	газовой сварки	2 недели		
321	механизированной дуговой сварки плавящимся металлическим электродом в защитных газах (МИГ/МАГ)	1–2 недели		
323	механизированной дуговой сварки порошковой проволокой	1–2 недели		
325	автоматической дуговой сварки под флюсом	1–2 недели		
327	электрошлаковой сварки	1–2 недели		
329	по программам Международного института сварки с присвоением квалификации Международный сварщик	2–5 недель <sup>1</sup>		
Повышение квалификации сварщиков:				
330	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	2 недели (72 ч)	Индивидуальное обучение по согласованию с заказчиком	
331	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (ТИГ)	2 недели (72 ч)		
332	газовой сварки	2 недели (72 ч)		
333	механизированной дуговой сварки плавящимся металлическим электродом в защитных газах (МИГ/МАГ)	2 недели (72 ч)		
334	механизированной дуговой сварки порошковой проволокой	2 недели (72 ч)		
335	автоматической дуговой сварки под флюсом	2 недели (72 ч)		
336	электрошлаковой сварки	2 недели (72 ч)		
337	контактной (прессовой) сварки (рельсов, промышленных и магистральных нефте- и газопроводов)	1 неделя (36 ч)		
338	пластмасс (сварка трубопроводов из полимерных материалов)	2 недели (72 ч)		
339	Повышение квалификации газосварщиков (газовая пайка цветных металлов)	32 ч		
Подготовка, переподготовка и повышение квалификации дефектоскопистов				
330	Подготовка дефектоскопистов:	ультразвукового контроля	196 ч	Февраль, октябрь
331		рентгеновского и гамма-контроля	188 ч	
332		магнитного контроля	172 ч	Апрель, ноябрь
333		газового и жидкостного контроля	172 ч	

Шифр курса	Наименование программы		Продолжительность	Сроки проведения
334	Переподготовка дефектоскопистов:	ультразвукового контроля	184 ч	Февраль, июнь, октябрь
335		рентгеновского и гамма-контроля	156 ч	
336		магнитного контроля	152 ч	Апрель, ноябрь
337		газового и жидкостного контроля	144 ч	
338	Повышение квалификации дефектоскопистов:	ультразвукового контроля	от 104 до 128 ч <sup>4</sup>	Февраль, июнь, октябрь
341		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
347		газового и жидкостного контроля	от 76 до 132 ч <sup>4</sup>	
350	Специальная подготовка и аттестация дефектоскопистов по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов		36 ч	По согласованию с заказчиком
351	Подготовка к аттестации и аттестация дефектоскопистов 2-го и 3-го разрядов по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов		160 ч	
352	Курсовая подготовка работников Укрзалізниці по профессии:	дефектоскопист по ультразвуковому контролю 3-го разряда	160 ч	
353		дефектоскопист по магнитному контролю 3-го разряда	120 ч	
354	Подготовка контролеров сварочных работ		от 76 до 116 ч <sup>4</sup>	Февраль, сентябрь
<b>Другие профессии</b>				
357	Подготовка газорезчиков:	газовой резки	3 недели (112 ч)	Июль, ноябрь
358		ручной и механизированной воздушно-плазменной резки	3 недели (112 ч)	Январь, июль
359	Подготовка металлизаторов по нанесению упрочняющих и защитных покрытий на металлы		5 недель (196 ч)	Март

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

401	Специальная подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с ДСТУ 2944–94, ДСТУ 2945–94, правилами Госнадзорхрантруда (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 и внеочередная аттестация сварщиков согласно ДНАОП 0.00–1.16–96		от 4 до 24 ч	По согласованию с заказчиком
405	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с правилами Госнадзорхрантруда (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)	По согласованию с заказчиком
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	
411	Аттестация сварщиков пластмасс (сварка трубопроводов из полимерных материалов)		Проводится по окончании курса 309	
412	Периодическая аттестация сварщиков пластмасс (сварка трубопроводов из полимерных материалов)		32 ч	В течение года
413	Специальная подготовка дефектоскопистов к аттестации в соответствии с ДНАОП 0.00–1.27–97:	ультразвуковой контроль	от 24 до 140 ч <sup>3</sup>	По согласованию с заказчиком
418		радиационный контроль		
423		магнитный контроль	от 24 до 110 ч <sup>3</sup>	
428		капиллярный контроль		
433		визуально-оптический контроль	от 24 до 70 ч <sup>3</sup>	
438	Профессиональное тестирование сварщиков дуговой сварки		от 4 до 8 ч	

<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 программам, не вошедшим в данный перечень, а также на территории заказчика. На период обучения слушателям оказывается содействие в предоставлении жилья 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) 456-63-30, 456-10-74, 200-82-80, 200-81-09, факс (+380 44) 456-48-94.

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



# Международная специализированная выставка «МАШПРОМ–2005»

С 11 по 14 октября 2005 г. в Экспоцентре «Метеор» состоялась пятая международная специализированная выставка «МАШПРОМ» и специализированная экспозиция «РемМашИндустрия». Выставка проходила в двух павильонах Экспоцентра «Метеор».

Общая экспозиционная площадь — 3692 м<sup>2</sup>.  
 Количество участников — 207 компаний.  
 География участников — все регионы Украины, Россия, Польша, Беларусь, Германия, Австрия, Италия, Швейцария.  
 Количество посетителей — 4870 специалистов.  
 Выставка была освещена в 39 специализированных изданиях.  
 По сравнению с 2004 г. количество участников увеличилось на 2%, экспозиционная площадь — на 20%.

Приведем отзывы руководителей некоторых компаний, которые в эти 4 дня были в центре внимания посетителей выставки.

**Компания «FESTO».** *Мешейко Андрей Анатольевич, руководитель представительства:* Выставкой мы очень довольны. На ней смогли пообщаться с представителями крупных промышленных предприятий в области машиностроения, металлургии, химической промышленности. Наш стенд посетило много частных предпринимателей, с которыми мы наладили контакты. А они, в свою очередь, познакомились с новинками, представленными на нашем стенде.

**Компания «ЛБЮ–Тех».** *Мелехин Ярослав Владимирович, директор:* В выставке «МАШПРОМ» мы участвуем постоянно. Это единственная специализированная выставка в Днепропетровском регионе такого масштаба, и она является профильной для нашей организации. В этом году было очень много интересных контактов. Насколько они будут выгодными для нас — покажет время, но предварительные результаты впечатляют. Были представители из Запорожья, Кривого Рога, Киева. Участников стало больше. Организаторы постарались — аудитория стала более целевой (конструкторы, инженеры).

**Компания «BEFARED» (Польша).** *Скочилас Лешек (Leszek Skoczylas), технический и коммерческий директор:* В Днепропетровске на «МАШПРОМе» мы впервые. Для нас это очень интересная выставка. Многие интересовались нашей продукцией и нашим заводом. В Украине мы впервые, хотели представить

свою продукцию на рынке Днепропетровска. Очень интенсивно велись переговоры, и мы надеемся, что в будущем это даст свои результаты. Понравился теплый прием организаторов, а также очень интересная программа семинаров.

**Компания «Дальэнерго» (Хабаровск, Россия).** *Лазебный Сергей Константинович, начальник отдела маркетинга:* Выставка была очень полезной для нашего предприятия в том плане, что со стороны украинских промышленных предприятий проявлен интерес к нашей продукции. Среди многочисленных посетителей были не только потребители, но и потенциальные партнеры. Наша продукция уникальна, и еще со времен Советского Союза наш завод ориентировался как на всю Россию, так и на страны СНГ. Причем, в Украине спрос выше, чем в России, так как здесь расположены наши традиционные потребители — горно-обогатительные и горно-угольные предприятия.

**Компания «Проминструмент».** *Волошан Андрей Евгеньевич, ведущий специалист:* Выставка «МАШПРОМ» достаточно эффективная, много посетителей, представителей заводов. Мы постоянные участники и результатами прошлых лет очень довольны. Можно сказать, что выставка окупается на 200%. Благодарим организаторов за теплый и радушный прием.

**Компания «TUBES International».** *Иванов Андрей, директор:* На «МАШПРОМе» в Днепропетровске мы впервые. Очень хорошая организация выставки. Понравилось то, что практически все посетители были целевыми, то есть подходили люди, которым это интересно и нужно. Уже во время выставки было несколько заказов по гидравлике и по пищевой промышленности. Я считаю, что участвовать в специализированных выставках, тем более таких, как «МАШПРОМ», это значит шагать в ногу со временем, поддерживать имя фирмы. Мы познакомились с потенциальными заказчиками, нас узнали. Планируем приехать в следующем году.

Подводя итог вышеизложенного, хочется отметить, что выставка «МАШПРОМ» хорошо известна на промышленном рынке Украины. Сейчас она достигла такого уровня, что ею интересуются (и с удовольствием в ней участвуют) компании из ближнего и дальнего зарубежья, не говоря уже о лидерах украинского рынка, которые видят в этом мероприятии возможность для эффективных презентаций, продаж, а главное, общения с коллегами-профессионалами. Экспоцентр «Метеор» приглашает на выставку «МАШПРОМ» 10–13 октября 2006 года. ● #626

*Специалисты по исследованию товарного рынка Экспоцентра «Метеор» А. Беловол, В. Мотовилова, И. Брюховец*

