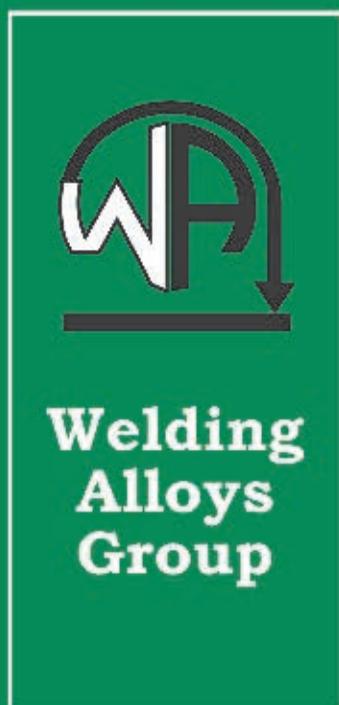


# HYUNDAI WELDING CO., LTD.

Порошковые проволоки, сварочные флюсы, электроды, керамические подкладки СВМ, проволоки сплошного сечения диаметром 0.8, 1.0, 1.2, 1.6мм в катушках по 5 и 15 кг

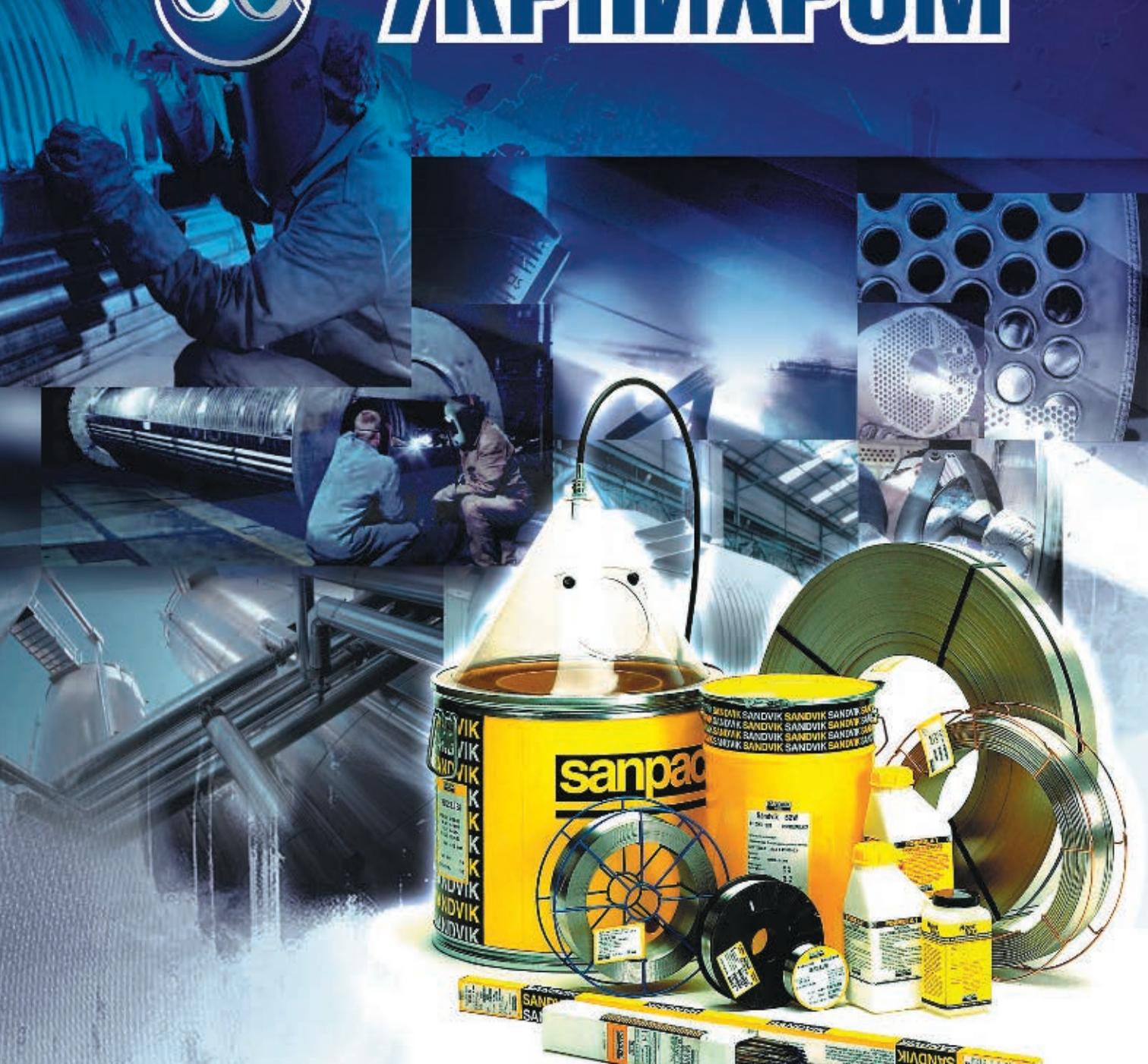


Официальный дилер "HYUNDAI Welding Co., Ltd." и "WA" в Украине:  
ООО "НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА "ЭЛНА"  
ул. Антоновича (Горького), 69, г. Киев, 03150 (склады в г.Киеве и г.Херсоне)  
тел. +38(044) 200-80-25, факс: (044) 200-85-17  
e-mail: info@elna.com.ua  
www.elna.com.ua





# УКРНІХРОМ



ER307 (CB 08X20H9Г7Т)  
ER308 (CB 04X19H9)  
ER308 LSi (CB 01X19H9)  
ER309 (CB 07X25H13)  
ER316 (CB 04X19H11M3)  
ER347 (CB 07X19H10Б)

Nicrofer 6020 сплав 625  
Nicrofer 6616 (CB 06X15H60M15)  
Nicrofer K7017 (ОЗЛ-25Б)  
Nicrocor 400 (монель НМЖМц28-2,5-1,5)  
Cronix 80 (нихром X20H80)

**SANDVIK**

Sandvik Materials Technology (Швеция)  
ведущий производитель  
сварочных материалов



**ThyssenKrupp VDM**

ThyssenKrupp VDM (Германия)  
мировой лидер в производстве  
высоколегированных сталей и сплавов

e-mail: [info@ukrnichrom.com](mailto:info@ukrnichrom.com)

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

Днепропетровск (0562) 33-74-35; (056) 372-70-25 Филиал в Киеве (044) 233-62-00; 501-44-53  
Филиал в Донецке (062) 339-60-36; (062) 348-36-68 Филиал в Харькове (057) 761-16-97



5 (63) 2008

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

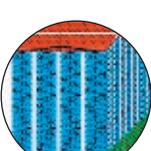
Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

информационно-технический журнал  
**Сварщик**®

Технологии  
Производство  
Сервис

**5—2008**

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>Новости техники и технологий</b> .....	4	
	<b>Производственный опыт</b>		
	Термообработка сварных соединений магистрального газопровода на Сахалине. <i>П. М. Корольков, А. В. Барабанщиков</i> .....	6	
	Наплавка элементов силовой гидравлики механизированных крепей. <i>Л. Н. Орлов, А. А. Голякевич, Д. П. Новикова</i> .....	10	
	<b>Наши консультации</b> .....	14	
	<b>Технологии и оборудование</b>		
	Эффективные конструкции токоподводящих наконечников для сварочных полуавтоматов. <i>В. А. Лебедев, В. И. Лещинский, А. В. Авраменко</i> .....	16	
	Новые электроды с рутиловым покрытием на рынке сварочных материалов. <i>И. Р. Явдошин, П. А. Косенко, Н. А. Соловей</i> .....	21	
	Лазерные технологические комплексы компаний «Mazak» .....	22	
	Проблемы контактной стыковой сварки ленточных пил, проволоки и стержней. <i>В. Г. Чайка, Б. И. Волохатюк, Д. В. Чайка</i> .....	28	
	Ручные, переносные и передвижные машины для разделки кромок листов конструкционных материалов. <i>А. А. Кайдалов, F. Kolenic</i> .....	36	
	О природе прожога тонколистовых соединений при сварке. <i>В. Я. Шнеерсон</i> ..	44	
	Лазерная резка — где мы сегодня? <i>Д. А. Пятница</i> .....	46	
	<b>Подготовка кадров</b>		
	Обучение ручной сварке труб из нержавеющей стали на основе нейронной модели способностей сварщиков. <i>Р. Ястржембский, А. Ястржембский, П. Ястржембский</i> .....	50	
	<b>Охрана труда</b>		
	Защитные свойства магнитомягких аморфных сплавов. <i>В. А. Глыва, В. И. Клапченко, И. Н. Ковтун</i> .....	55	
	<b>Web-страницы</b>		
	Роботы .....	58	
	Аналоги стандартных марок сталей ведущих промышленных стран .....	61	

<b>Новини техніки й технологій</b> .....	4
<b>Виробничий досвід</b>	
• Термообробка зварних з'єднань магістрального газопроводу на Сахаліні. <i>П.М. Корольков, А.В. Барабанщikov</i> .....	6
• Наплавлення елементів силової гідравліки механізованих кріплень. <i>Л.Н. Орлов, А.А. Голякевич, Д.П. Новикова</i> .....	10
<b>Наші консультації</b> .....	14
<b>Технології й устаткування</b>	
• Ефективні конструкції струмопідводячих наконечників для зварювальних напівавтоматів. <i>В.О. Лебедев, В.І. Лещинський, А.В. Авраменко</i> .....	16
• Нові електроди з рутиловим покриттям на ринку зварювальних матеріалів. <i>І.Р. Явдошин, П.О. Косенко, Н.А. Соловей</i> .....	21
• Лазерні технологічні комплекси компаній «Mazak» .....	22
• Проблеми контактного стикового зварювання стрічкових пилок, дроту й стрижнів. <i>В.Г. Чайка, Б.І. Волохатюк, Д.В. Чайка</i> .....	28
• Ручні, переносні й пересувні машини для оброблення крайок листів конструкційних матеріалів. <i>А. А. Кайдалов, Ф. Kolenic</i> .....	36
• Про природу прожога тонколистових з'єднань при зварюванні. <i>В. Я. Шнеерсон</i> .....	44
• Лазерне різання — де ми сьогодні? <i>Д. А. Пятниця</i> .....	46
<b>Підготовка кадрів</b>	
• Навчання ручному зварюванню труб з нержавіючої сталі на основі нейронної моделі здатностей зварників. <i>Р. Ястржембський, А. Ястржембський, П. Ястржембський</i> .....	50
<b>Охорона праці</b>	
• Захисні властивості магнітом'яких аморфних сплавів. <i>В.А. Глива, В.І. Клапченко, І.Н. Ковтун</i> .....	55
<b>Web-сторінки</b>	
• Роботи .....	58
• Аналоги стандартних марок сталі провідних промислових країн .....	61
<b>CONTENT</b>	
<b>News of technique and technologies</b> .....	4
<b>Industrial experience</b>	
• Heat treatment of welding joints of a main gas pipeline on Sakhalin. <i>P.M.Korol'kov, A.V.Barabanshchikov</i> .....	6
• Cladding of power hydraulics elements of mechanized shaft minings. <i>L.N.Orlov, A.A.Golyakevich, L.P.Novikova</i> .....	10
<b>Our consultations</b> .....	14
<b>Technologies and equipment</b>	
• Effective structures of current-supply tips for semiautomatic welding machines. <i>V.A.Lebedev, V.I.Leshchinsky, A.V.Avrmenko</i> .....	16
• New electrodes with routhil coating in the market of welding materials. <i>I.R.Yavdoshchin, P.A.Kosenko, N.A.Solovey</i> .....	21
• Laser technological complexes of the Mazak companies. ....	22
• Problems of butt resistance welding of tape saws, wire and rods. <i>V.G.Chayka, B.I.Volokhatyuk, D.V. Chayka</i> .....	28
• Manual, portable and mobile machines for preparation of plate edges of structure materials. <i>A.A.Kaydalov, F. Kolenic</i> .....	36
• About a nature of burn-through at the welding of thin-plate joints. <i>V.Ya.Shneerson</i> .....	44
• Laser cutting — where are we today? <i>D.A.Pyatnitsa</i> .....	46
<b>Training of personnel</b>	
• Training to manual welding of pipes from stainless steel on a basis of the neuron model of welder's abilities. <i>R.Yastrzhembskiy, A. Yastrzhembskiy, P. Yastrzhembskiy</i> .....	50
<b>Labor protection</b>	
• Protective properties of soft-magnet amorphous alloys. <i>V.A.Glyva, V.I.Klapchenko, I.N.Kovtun</i> .....	55
<b>Web-pages</b>	
• Robots .....	58
• Analogues of standard steel quality of leading industrial countries .....	61

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

**Учредители** Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Общество с ограниченной ответственностью «Экотехнология»

**Издатель** ООО «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. В. Высоколян, 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  
**Маркетинг и реклама** В. Г. Абрамишвили, Ю. Б. Иванова  
**Верстка** Т. Д. Пашигорова, О. А. Трофимец

**Адрес редакции** 03150 Киев, ул. Горького, 66

**Телефон** +380 44 528 3523, 529 8651

**Тел./факс** +380 44 287 6502

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

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

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

**Представительство в России** Москва, ООО «Центр трансфера технологий»  
Анита Анатольевна Фокина  
+7 495 626 0905, 626 0347  
e-mail: ctt94@mail.ru

**Представительство в Латвии** Рига, Ирина Бойко  
+371 2 603 7158, 6 708 9701 (ф.)  
e-mail: irinaboyko@inbox.lv

**Представительство в Литве** Вильнюс, Вячеслав Арончик  
+370 6 999 9844  
e-mail: info@amatu.lt

**Представительство в Болгарии** София, Стоян Томанов  
+359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)  
e-mail: evertood@mail.bg  
ООД «Евэрт-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 08.10.2008. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Гарнитура PetersburgС. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.

Зак. № 08/10 от 08.10.2008. Тираж 3000 экз.

Печать: издательство «Аврора Принт», 2008.

02081 Киев, ул. Причальная, 5. Тел./ф. (044) 502-61-31.

© ООО «Экотехнология», 2008

## Термообработка сварных соединений магистрального газопровода на Сахалине



*П. М. Корольков, А. В. Барабанщиков*

Рассмотрена технология термообработки толстостенных сварных соединений магистральных трубопроводов с использованием программных электротермических установок «Термо-3000» мощностью 200 кВт, которые работают с электронагревателями КЭН-4-3. Технология, разработанная ООО «Нагрев» (Москва), применялась на газопроводе «Сахалин-2». Приведены технические характеристики установки «Термо-3000» и электронагревателей КЭН-4-3 и КЭН-4-3М.

## Эффективные конструкции токоподводящих наконечников для сварочных полуавтоматов

*В. А. Лебедев, В. И. Лещинский, А. В. Авраменко*

Описаны различные типы наконечников для сварочных полуавтоматов, опробованные на практике. Рассмотрены наконечники трубчатой конструкции с дополнительной вставкой, наконечник, в котором использован внешний упругий элемент. Приведены оригинальные технические решения, позволяющие повысить качество сварного соединения и экономические показатели эксплуатации полуавтоматов для сварки и наплавки.

## Проблемы контактной стыковой сварки ленточных пил, проволоки и стержней

*В. Г. Чайка, Б. И. Волохатюк, Д. В. Чайка*

Рассмотрены два способа контактной стыковой сварки — сварка сопротивлением и сварка оплавлением. Описаны машины различных фирм для каждого способа сварки, их преимущества и недостатки. Даны технические характеристики машин «Чайка» для контактной стыковой сварки оплавлением.

## Ручные, переносные и передвижные машины для разделки кромок листов конструкционных материалов

*А. А. Кайдалов, F. Kolenic*

Описаны машины струйной резки, кромофрезерные и кромокоскалывающие машины различных производителей Украины и зарубежных стран. Приведены их технические характеристики. Рассмотрены схемы выполнения операций с помощью описанных моделей машин.

## Обучение ручной сварке труб из нержавеющей стали на основе нейронной модели способностей сварщиков

*Р. Ястржембский, А. Ястржембский, П. Ястржембский*

Описана модель, разработанная американскими физиками на основе результатов расчета физических процессов сварки, позволяющая значительно ускорить обработку данных с помощью компьютера и обеспечить управление сваркой в реальном времени. Приведен пример создания визуального практического пособия, позволяющего эффективно обучать сварщиков. Пособие успешно применяется в школе сварщиков в Кракове.

## Термообработка сварных соединений магистрального газопровода на Сахалине



*П. М. Корольков, А. В. Барабанщиков*

Розглянуто технологію термообробки товстостінних зварних з'єднань магістральних трубопроводів з використанням програмних електротермічних установок «Термо-3000» потужністю 200 кВт, які працюють із електронагрівниками КЭН-4-3. Технологія, розроблена ТОВ «Нагрев» (Москва), застосовувалася на газопроводі «Сахалин-2». Наведено технічні характеристики установки «Термо-3000» і електронагрівників КЭН-4-3 і КЭН-4-3М.

## Эффективные конструкции струмопідводячих наконечників для зварювальних напівавтоматів

*В. А. Лебедев, В. И. Лещинский, А. В. Авраменко*

Описано різні типи наконечників для зварювальних напівавтоматів, випробувані на практиці. Розглянуто наконечники трубчастої конструкції з додатковою вставкою, наконечник, у якому використаний зовнішній пружний елемент. Наведено оригінальні технічні рішення, що дозволяють підвищити якість зварного з'єднання й економічні показники експлуатації напівавтоматів для зварювання й наплавлення.

## Проблеми контактного стикового зварювання стрічкових пилок, дроту й стрижнів

*В. Г. Чайка, Б. І. Волохатюк, Д. В. Чайка*

Розглянуто два способи контактного стикового зварювання — зварювання опором і зварювання оплавленням. Описано машини різних фірм для кожного способу зварювання, їхні переваги й недоліки. Дано технічні характеристики машин «Чайка» для контактного стикового зварювання оплавленням.

## Ручні, переносні й пересувні машини для оброблення крайок листів конструкційних матеріалів

*А. А. Кайдалов, F. Kolenic*

Описано машини струменевого різання, крайкофрезерні й крайкосколювальні машини різних виробників України й зарубіжних країн. Наведено їхні технічні характеристики. Розглянуто схеми виконання операцій за допомогою описаних моделей машин.

## Навчання ручному зварюванню труб з нержавіючої сталі на основі нейронної моделі здатностей зварників

*Р. Ястржембський, А. Ястржембський, П. Ястржембський*

Описано модель, розроблену американськими фізиками на основі результатів розрахунку фізичних процесів зварювання, що дозволяє значно прискорити обробку даних за допомогою комп'ютера й забезпечити керування зварюванням у реальному часі. Наведено приклад створення візуального практичного посібника, який дозволяє ефективно навчати зварників. Посібник успішно застосовується в школі зварників у Кракові.

# ВНИМАНИЕ!

Продолжается **ПОДПИСКА-2009**  
на журналы «Сварщик»  
и «Все для сварки. Торговый Ряд».

Подписные индексы: «Сварщик» – 22405; «Все для сварки. Торговый Ряд» – 94640 в каталоге «Укрпошта».

## Установка гидроабразивной резки компании PTV (Чехия)

Основным принципом гидроабразивной резки материалов является разделение их с помощью водяной струи высокого давления. Вода, сжатая насосом-мультипликатором до давления 415 МПа, проходит через водяное сопло, попадает в смесительную камеру, в которую, в свою очередь, через абразивное сопло подается абразив — гранатовый песок с частицами размером около 0,4 мм. Далее смесь воды и абразива проходит через твердосплавное сопло с внутренним диаметром 1 мм со скоростью около 1200 м/с и попадает на поверхность разрезаемого материала. После резки остаточная энергия струи гасится в специальной водяной ловушке, которая расположена под рабочим столом. Водяное сопло изготавливают из искусственного алмаза. Оно имеет гарантированную стойкость 2000 ч. Стойкость абразивного сопла 200 ч.

Рабочей зоной является координатный стол. Покрытие стола полностью защищает его от влияния воды и абразивного материала. Жесткая сварная конструкция формирует раму стола. На основной раме установлены оси для линейного перемещения, выполненные из алюминиевых полос. Каждая ось снабжена своим собственным приводом. Положение измеряется преобразователями

координат или магнитной линейной системой. Опорные датчики гарантируют повторяемость установки в требуемую позицию с точностью  $\pm 0,1$  мм.

Фирма PTV (Чехия) изготавливает координатные столы различных размеров. Минимальный размер стола 1×1 м, максимальный ограничен только по ширине (максимум 4 м). Наиболее часто применяют станок 2D ЧПУ с высокой жесткостью несущей конструкции.

К основным преимуществам данной технологии можно отнести следующее:

- Отсутствие теплового воздействия — генерируемая в процессе резания теплота практически мгновенно уносится водой, в результате не происходит заметного повышения температуры в заготовке.
  - Способность воспроизводить сложные контуры и профили — при высокоструйной обработке можно воспроизводить очень сложные формы под любым углом.
  - Хорошее качество поверхности — можно получать финишную поверхность с шероховатостью  $Ra=0,5...1,5$  мкм, т. е. во многих случаях отпадает необходимость в дополнительной обработке.
  - Технологичность процесса — инструмент резки (струя воды или вода плюс абразив) не нуждается в переточке, ударная нагрузка на изделие минимальна, отсутствует обратная реакция на режущий инструмент.
  - Экономичность процесса — резку можно осуществлять с самыми короткими скоростями (от 1 до 30 000 мм/мин) в зависимости от типа и толщины разрезаемого материала. Рез можно начинать в любой точке заготовки, при этом не нужно предварительно делать отверстие. Малая ширина реза позволяет экономить дефицитные материалы при их раскрое.
  - Безопасность — поскольку нет теплоты, накапливаемой при абразивно-жидкостной струйной обработке, процесс взрыво- и пожаробезопасен.
  - Универсальность установки — позволяет резать на одной установке самые разнообразные материалы, а также заготовки, состоящие из различных материалов.
- С помощью гидроабразивной резки можно обрабатывать все материалы: бумагу, картон, ткани, кожу, резину, стекло, керамику, гранит, мрамор, бетон, железобетон, все виды металлов и сплавов, включая трудно обрабатываемые нержавеющие и жаропрочные стали, твердые и титановые сплавы. ● #911

ДП «Абпланалп Украина» (Киев)

### Техническая характеристика станка 2D ЧПУ:

Рабочая площадь, мм:

по оси X ..... От 1000 до 4500

по оси Y ..... От 1000 до 10000  
(по выбору по 500 или 1000)

по оси Z ..... 200

Рабочая точность позиционирования, мм .....  $\pm 0,05/300$

Диапазон скорости, мм/мин:

рабочей ..... 0,5–12000

перемещения (максимальная) ..... 12000

Количество параллельных ходовых ..... Одна или две стойки  
оси Z (с одной или двумя  
режущими головками)

Система управления ..... MEFI 859N

Привод линейных осей ..... Планетарные коробки  
передач и сервомоторы



## Переносная машина «Steel Tailor» с ЧПУ для термической резки металлов



Переносная двухкоординатная машина «Steel Tailor» — это легкий обрабатывающий комплекс для раскроя листового металлопроката по заданным чертежам с использованием ЧПУ. Состоит из продольной направляющей, по которой движется каретка с установленными на ней поперечной траверсой и блоком числового программного управления. Машина осуществляет вырезку заготовок сложной конфигурации с высокой точностью и качеством поверхности реза. Размеры рабочей зоны резки 1200×2000 мм. Подготовку управляющих программ выполняют с помощью системы автоматизированного проектирования (САПР) FastCAM, входящей в комплект. САПР FastCAM позволяет подготовить карты раскроя для вырезки деталей с минимальным количеством отходов металла. Машина может быть оснащена любым

### Техническая характеристика:

Рабочая зона, мм	1200×2000
Количество резаков, шт.	1
Толщина разрезаемого металла, мм:	
плазменная резка (в зависимости от аппарата плазменной резки)	1–50
газокислородная резка	6–150
Скорость резания, мм/мин	50–2500
Размеры экрана, "	5,7
Мощность, кВт	0,18
Масса машины, кг	70,5
Тип резки	Газокислородная или плазменная
Горючий газ	Ацетилен, пропан, метан, газولين
Давление МПа, не более:	
горючего газа	0,1
кислорода	1,5
Программное обеспечение	Программа FastCAM

аппаратом для воздушно-плазменной резки металлов марки ПУРМ, а также оборудованием для газовой резки.

Машина проста и удобна, надежна в эксплуатации, благодаря использованию высокоточного калиброванного алюминиевого профиля имеет небольшую массу, что позволяет легко перемещать ее вдоль раскроечного стола. Мобильный обрабатывающий комплекс «Steel Tailor» подходит для решения производственных задач малых и средних предприятий.

### Параметры ЧПУ:

- ввод управляющих программ — клавиатура, порт USB. Загрузка и выгрузка управляющих программ осуществляется в диалоговом режиме системы меню;
- конструктивное исполнение — моноблок (процессор, платы связи с датчиками, энергозависимая оперативная память и энергозависимая постоянная память, перезаписываемая память (Flash-диск), мембранная клавиатура, ч/б жидкокристаллический дисплей);
- выполняемые виды интерполяции: линейная и круговая по координатам X и Y.

● #912

ООО «Фактор» (Москва, РФ)

## Универсальное оборудование для авторемонтных мастерских

Сварочные полуавтоматы и ручные аппараты контактной сварки, активно используемые в условиях автоточной мастерской, относятся к универсальному оборудованию, которое находит применение в различных производственных отраслях. Но есть и специализированное сварочное оборудование, разработанное исключительно для ремонта автомобилей, точнее, панелей кузова. Это споттеры и универсальные аппараты на их основе.

Споттеры практически незаменимы при правке небольших вмятин кузовных панелей, особенно в случае затрудненного доступа к обратной стороне зоны деформации.

С точки зрения принципа работы, споттер представляет собой аппарат контактной сварки, но в отличие от сварочных клещей в нем используется сварка сопротивлением.

Схема сварки сопротивлением аналогична односторонней точечной. Один из выводов источника тока подсоединяется к привариваемому элементу, другой — к панели. Однако при сварке сопротивлением в месте контакта металл соединяемых деталей нагревается до температуры, близкой к температуре плавления, но не превышающей ее ( $T_{нагр} = 0,8...0,9 T_{плав}$ ). При этом в месте сварки не происходит образования расплавленного ядра точки. В результате пластической деформации нагретого металла сжимающим усилием получается достаточно прочное соединение.

Номинальная мощность ручных аппаратов невелика, но их возможности достаточны для устранения вмятин кузова методом односторонней рихтовки.

● #913

www.ukrindustrial.com



# Термообработка сварных соединений магистрального газопровода на Сахалине

П. М. Корольков, ООО «Нагрев» (Москва),

А. В. Барabanчиков, ОАО ЭО «С-Контроль» (Новосибирск)

Назначением магистрального газопровода «Сахалин-2» является обеспечение газом газосжигающего завода, находящегося в южной части Сахалина в районе поселка Пригородное (зона города Корсаково). Газопровод практически проходит через всю территорию острова. Максимальный диаметр газопровода 1220 мм, давление подаваемого газа 10 МПа. Первоначально газопровод входил в систему «Сахалин-Энерджи» (Великобритания). Позднее он был передан в состав ОАО «Газпром», но его продолжали строить по международным нормам.

Согласно требованиям международного стандарта ASME B 31.8, сварные соединения газопроводов должны подвергаться местной термической обработке по режиму высокого отпуска с нагревом до температуры 580–630 °С. В связи с большой длиной газопровода в его строительстве принимали участие несколько организаций, каждая из которых выполняла полный объем работ на своем участке. На участке газопровода в районе насосно-компрессорной станции НКС-2 в зоне поселка Гастелло строительные-монтажные работы проводила английская фирма «Кинтэк». Необходимо было выполнить сварку и термообработку 450 сварных соединений диаметром 450–920 мм, из которых около 100 соединений диаметром  $D_{гр}=920$  мм имели толщину стенки  $S_{ст}=53,5$  мм. Газопровод был выполнен из стали К50 — аналог российской мар-

ки 09Г2С. Фирма «Кинтэк» не имела своих технических средств для термообработки сварных соединений, поэтому привлекла российскую организацию ОАО ЭО «С-Контроль» (Новосибирск).

Руководство ОАО «С-Контроль» обратилось за технической помощью в ООО «Нагрев» (Москва), которое рекомендовало использовать программные электротермические установки «Термо-3000» мощностью 200 кВт производства ООО РСП «Алексий» (Пермь).

Установки работают с электронагревателями комбинированного действия КЭН-4-3 производства ООО «Нагрев». Электронагреватели КЭН-4-3 производят в двух вариантах: собственно КЭН-4-3 и его модификация КЭН-4-3М (повышенной мощности). КЭН-4-3 имеет семь нихромовых проволок и предназначен для работы в зимнее время в зонах холодного климата (Восточная Сибирь, Сахалин и т. п.) Внешне эти нагреватели выглядят одинаково.

ООО «Нагрев», имеющее разрешение Ростехнадзора, провело обучение 12 представителей фирмы «С-Контроль» по специальности операторов-термистов на передвижных термических установках и аттестовала их в сахалинских органах Ростехнадзора. Кроме того, ООО «Нагрев» разработало технологию термообработки толстостенных сварных соединений с использованием электронагревателей КЭН-4-3, которая вошла также в нормативно-техническую документацию по термообработке сварных соединений магистральных газопроводов ОАО «Газпром». Однако прежде чем термообработать сварные соединения, их необходимо сварить, и здесь пришлось встретиться со значительными трудностями, связанными с необходимостью проведения при сварке предварительного и сопутствующего подогревов до 100–150 °С и поддержания этой температуры в течение всего процесса сварки. Это представило большую проблему, так как сварку такого стыка необходимо было проводить двум электросварщикам способом ручной сварки

## Техническая характеристика

### электротермической установки «Термо-3000»:

Напряжение питающей сети (3-фазное, 50 Гц), В	380
Количество независимых каналов нагрева, шт.	6
Количество программаторов, шт.	6
Потребляемая мощность, кВт	200
Мощность установок на нагрев, кВт	190
Максимальное напряжение на каждом канале нагрева, В	85
Максимальная сила тока по каналам нагрева, А	360
Максимальная скорость нагрева, °С/ч	650
Максимальная скорость охлаждения, °С/ч	300
Мощность каналов нагрева установок, кВт	32
Максимальное время выдержки, ч	23, 55
Габаритные размеры, мм	1000×500×1650
Масса (не более), кг	770

(РДС) по 12 ч в сутки в течение 5–6 дн. На Сахалине при строительстве нефтепроводов систем «Сахалин-I» и «Сахалин-II» для подогрева при сварке труб диаметром до 1220 мм с небольшой толщиной ( $S_{ст} \leq 12$  мм) применяли индукционные установки токов средней частоты типов РИН (США), Pro Htat 35 ET (США) и ППЧ–20–10 (Россия), которые не пригодны для длительного подогрева и имеют большую стоимость (3–7 млн. руб), в то время как установка «Термо-3000» мощностью 200 кВт стоимостью 1,5 млн. руб. одновременно может проводить подогрев трех свариваемых соединений размером 920×53,5 мм. Поэтому фирма «Кинтэк» категорически отказалась от использования специализированных установок для подогрева на газопроводе «Сахалин-2» и настояли на использовании для этих целей электронагревателей КЭН–4–3 от установок «Термо-3000» по технологии, разработанной ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» в 2004 г. При подогреве устанавливают две секции КЭН–4–3 по обе стороны от свариваемого стыка с расстоянием между ними 100 мм и проводят подогрев в течение длительного времени (рис. 1). Расстояние между секциями закрывают съемным теплоизоляционным матом, который снимают при достижении заданной температуры нагрева (обычно 150 °С). После этого начинают сварку. Подогрев же продолжается в течение всего процесса сварки, поскольку при РДС скорость сварки мала и при большой толщине трубы ( $S_{ст}=53,5$  мм) требуется длительный подогрев. При работе электротермической установки «Термо-3000» двумя каналами температуру нагрева контролируют термомпарами, входящими в комплект установки, при этом программаторы настроены на 150 °С. Витки КЭН–4–3 можно наматывать с разным шагом  $t$ , при  $S_{ст}=53,5$  мм на каждую трубу наматывали по три витка с  $t=35...40$  мм.

В связи с большим объемом работ ОАО «С-Контроль» вынуждено было приобрести вторую установку «Термо-3000» для проведения термообработки.

Для термообработки была применена технология зонального подогрева с разбивкой сварного соединения на четыре автономные зоны нагрева с установкой в каждой зоне регулирующей термомпары, при этом программные устройства всех четырех зон были настроены на одинаковые циклы термообработки, состоящие из пяти этапов (рис. 2): 1 – подогрев до 300 °С с любой скоростью; 2 – подогрев с 300 до 610 °С со скоростью

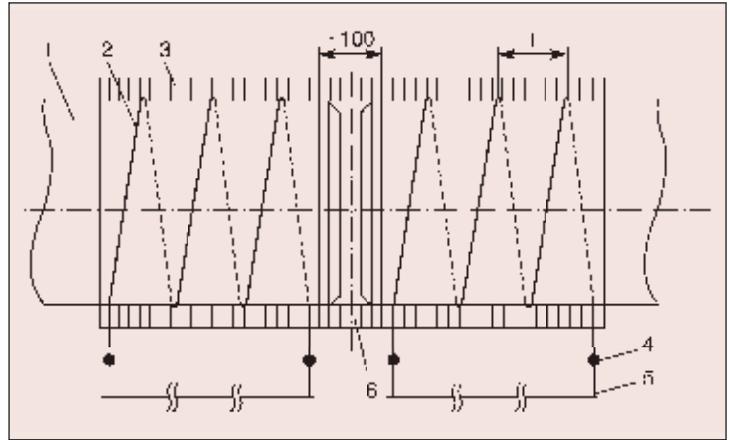


Рис. 1. Схема установки электронагревателей КЭН–4–3 при подогреве стыков труб размером 920×53,5 мм: 1 — труба; 2 — витки КЭН–4–3; 3 — теплоизоляция на КЭН–4–3; 4 — контактные соединения; 5 — токоподводящий кабель КГ–95; 6 — съемный теплоизоляционный мат;  $t$  — шаг намотки витков КЭН–4–3 ( $t = 35...40$  мм)

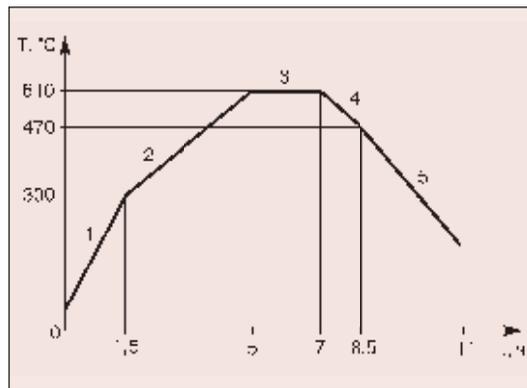


Рис. 2. Диаграмма термообработки сварного соединения труб размером 920×53,5 мм

120 °С/ч; 3 – выдержка 2 ч; 4 – охлаждение после окончания выдержки со скоростью 120 °С/ч до 470 °С, далее установку для термообработки отключают; 5 – охлаждение под слоем теплоизоляции. Общее время термообработки составляет 10–11 ч. Для размещения электронагревателей КЭН–4–3 на сварное соединение их изгибают в виде плоской спирали размером 1000×950 мм.

«Термо-3000» мощностью 200 кВт имеет шесть каналов нагрева, что позволяет одновременно проводить подогрев для сварки стыка труб размером 920×53,5 мм (два канала подогрева) и термообработку уже сваренного стыка такого же размера (4 канала подогрева, рис. 3). Следует отметить, что при выполнении всех видов строительномонтажных работ на НКС–2 использовали строительномонтажное оборудование иностранного производства (такелажное, сварочное и др.), из российского оборудования применяли только две электротермические установки «Термо-3000». Для теплоизоляции при сварке и термообработке успешно использовали современный теплоизо-

ляционный материал «СуперСил» толщиной 25 мм производства ЗАО РЛБ «Силика» (Зеленоград-Москва). Для крепления электронагревателей и теплоизоляции применяли ленточную растяжку с устройством для крепления производства ООО «Велдотерм» (Мытищи, Московская область). Использование для подогрева КЭН-4-3 обеспечивает равномерный нагрев по окружности сварного соединения на ширине зоны нагрева не менее 75 мм (при намотке трех витков).

В результате проведенных работ вопрос местной термообработки сварных соединений магистральных газопроводов диаметром до 1420 мм (программные установки «Термо-3000» мощностью 200 кВт с шестью каналами нагрева в комплекте с электронагревателями КЭН-4-3) с толщинами стенок до 50–60 мм был практически решен.

Предполагаемые в ближайшие годы большие объемы работ по термообработке сварных соединений магистральных газопроводов, по-видимому, придутся на 2010–2011 гг. На берегу Балтийского моря в составе Северо-Европейского газопровода (СЕГ), где на береговой компрессорной станции «Приморск» (г. Выборг) давление газа будет 22 МПа, а  $D_{тр}=1420$  мм, толщина стенки труб газопровода должна быть в пределах 40 мм, что потребует применения термообработки. Для сравнения, на газопроводе «Голубой поток» Россия-Турция на берегу Черного моря на береговой компрессорной станции при давлении газа 25 МПа газопровод был выполнен из труб размером 610×38 мм, сварные соединения которых подвергали термообработке по режиму высокого отпуса.

Значительно сложнее дело обстоит с выбором рациональных методов подогрева для сварки, которые в современных услови-

ях будут во многом определять темпы строительства современных газопроводов и ремонта сотен тысяч километров газопроводов, находящихся в эксплуатации.

В 2007–2008 гг. в системе ОАО «Газпром» вошло в действие несколько нормативно-технических документов (НТД) по вопросу строительства новых и ремонта находящихся в эксплуатации магистральных газопроводов, где были отражены требования к проведению подогрева для сварки (температура подогрева, допустимый метод подогрева и т. п.). Кроме того, в настоящее время ООО «Институт ВНИИСТ» готовит к изданию специальную инструкцию по строительству нового магистрального газопровода Бованенково-Ухта, рассчитанного на давление газа 11,8 МПа при размере труб 1420×33,4 мм из стали К65.

К обсуждению НТД СТО ГАЗПРОМ 2-2.2-115-2007 по газопроводу СЕГ были привлечены специалисты других ведомств, поэтому в раздел «Подогрев для сварки» были внесены серьезные коррективы в отношении применяемых средств подогрева. Однако разделы «подогрев для сварки» во всех остальных НТД широко не рассматривались, поэтому практически копируют друг друга, не учитывая конкретные особенности газопроводов. Современные нормативы подогрева для сварки появились в 2002–2003 гг. после строительства магистральных нефтепроводов «Сахалин-I» и «Сахалин-II» ( $D_{тр}=219...925$  мм,  $S_{ст}=8...12$  мм), где по проектам фирм «Сахалин Энерджи» (Великобритания) и «Эксон-Мобил» (США) проводили автоматическую сварку стыков труб, в выполнении которой принимали участие специалисты ООО «Институт ВНИИСТ». Для подогрева при сварке по условиям производства широко использовали специальные среднечастотные индукционные установки типов PIN и Pro Heat35 ET (США), а также ППЧ-20-10 (Россия). По условиям производства индукторы устанавливали непосредственно на свариваемые кромки и снимали для проведения сварки, а при необходимости сопутствующего подогрева эти операции повторяли. Газопровод «Сахалин-2» строился в 2007–2008 гг., когда строительство нефтепроводов «Сахалин-I» и «Сахалин-II» было уже закончено. Фирма «Сахалин-Энерджи», принимавшая участие в строительстве нефтепроводов, категорически отказалась использовать индукционные установки для подогрева на строительстве газопровода

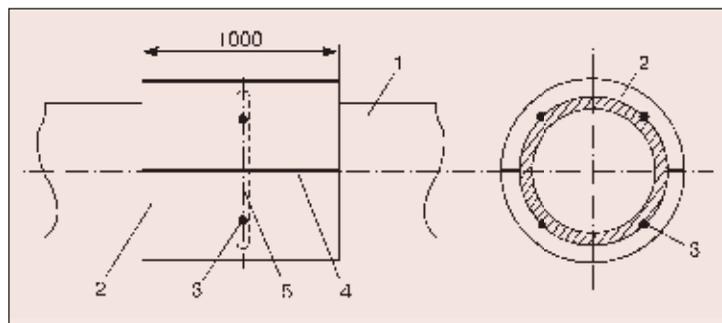


Рис. 3. Схема установки секций электронагревателей КЭН-4-3 и термопар на сварном соединении размером 920×53,5 мм: 1 — труба; 2 — изогнутая секция КЭН-4-3; 3 — места установки термопар; 4 — зона разделения различных секций КЭН-4-3; 5 — сварной шов

«Сахалин-2», где толщина стенок труб доходит до 53,5 мм. Потребовали применения электронагревателей КЭН-4-3, работающих на принципе нагрева электросопротивления.

По настоянию представителей ООО «Институт ВНИИСТ» во все рассматриваемые НТД были включены требования по проведению подогрева для сварки при толщине стенки более 18 мм только индукционным нагревом независимо от метода сварки. В настоящее время в России строительство магистральных газопроводов идет по пути увеличения параметров транспортирующего газа (давления, скорости потока и т. п.), диаметра и толщины стенок труб, применения новых сталей и т.п. Так, на газопроводе СЕГ при давлении 9,8 МПа и диаметре 1420 мм толщина стенки доходит до 32–40 мм, на газопроводе Бованенково-Ухта при диаметре 1420 мм толщина стенки составляет 33,4 мм. При ручной дуговой сварке (РДС) труб такой толщины значительно удлиняются сроки выполнения работ (стык размером 1420×33,4 мм два электросварщика будут сваривать в течение двух смен), отсюда усложняются условия предварительного и сопутствующего подогревов, особенно в зимнее время. По условиям производства на газопроводе Бованенково-Ухта длиной 1000 км треть сварных соединений необходимо сваривать РДС. Особенно нерационально применение индукционного подогрева при ремонте магистральных газопроводов, где применение автоматических методов сварки незначительно. Навязывание специалистами «Института ВНИИСТ» завышенных требований по подогреву, которые отвергнуты самими авторами на строительстве газопровода Сахалин-2, вызывает резкое увеличение стоимости работ и усложняет ее проведение. На основании вышеизложенного стоит пересмотреть требования НТД по строительству газопровода Бованенково-Ухта с целью разрешения применения электронагревателей КЭН-4-3 для подогрева при ручной дуговой сварке магистральных газопроводов независимо от толщины стенки труб. В качестве источников питания для электронагревателей КЭН-4-3 могут быть использованы сварочные трансформаторы ТДФЖ-1002 и сварочные преобразователи постоянного тока, в этом случае температуру подогрева можно контролировать с помощью контактных цифровых термометров (контактных термопар) ТК-5-03 и др. (рис. 4).

Таблица. Техническая характеристика электронагревателей комбинированного действия КЭН-4-3 и КЭН-4-3М

Параметр	КЭН-4-3	КЭН-4-3М
Максимальная мощность, кВт	28,0	34,0
Максимальная сила тока, А	360	420
Напряжение на КЭН, В	78	91
Количество нихромовых проволок диаметром 3,6 мм	6	7
Тип керамических изоляторов	ИКН-302, ИКН-402	
Размеры нагреваемых труб, мм	325–1420	
Толщина стенки труб, мм	≤ 70	
Габаритные размеры, мм	9504×33×33	
Масса, кг	19,7	23,0

Примечания: 1. Максимальная температура нагрева 1000 °С.  
2. Число допустимых нагревов до 750 °С — не менее 25 по 10 ч, до 200 °С — 1000.

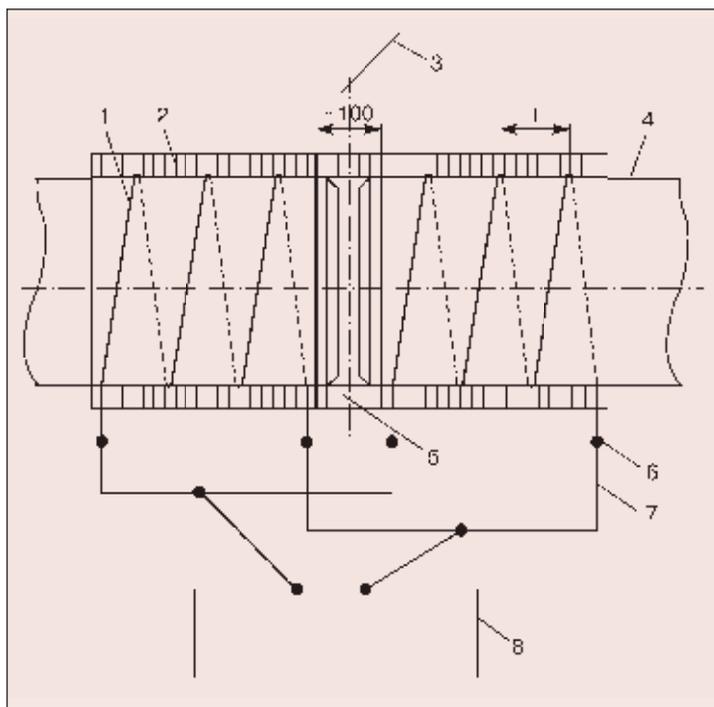


Рис. 4. Схема поста для подогрева стыков труб магистральных газопроводов с использованием КЭН-4-3: 1 — секции КЭН-4-3; 2 — теплоизоляция на КЭН-4-3; 3 — контактная термопара; 4 — труба газопровода; 5 — съемная теплоизоляция стыка; 6 — контактное соединение; 7 — соединительные кабели; 8 — источник питания

Электронагреватели КЭН-4-3 (таблица) можно применять при выполнении других технологических операций при строительстве и ремонте магистральных газопроводов (подогрев стыков труб со стационарной антикоррозийной изоляцией, для установки такой теплоизоляции, подогрев труб диаметром менее 1420 мм и др.). ● #914

# Наплавка элементов силовой гидравлики механизированных крепей

Л. Н. Орлов, А. А. Голякевич, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Киев),  
Д. П. Новикова, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

*В настоящее время актуальна задача капитального ремонта горно-шахтного оборудования, в частности ремонта и замены штоков и плунжеров стоечно-домкратной группы. На рабочих поверхностях штоков и плунжеров формируются отложения продуктов обменных реакций с шахтными водами и образуются вмятины от ударов угля и породы, что приводит к повреждению уплотнительных элементов и выходу из строя гидроаппаратуры.*

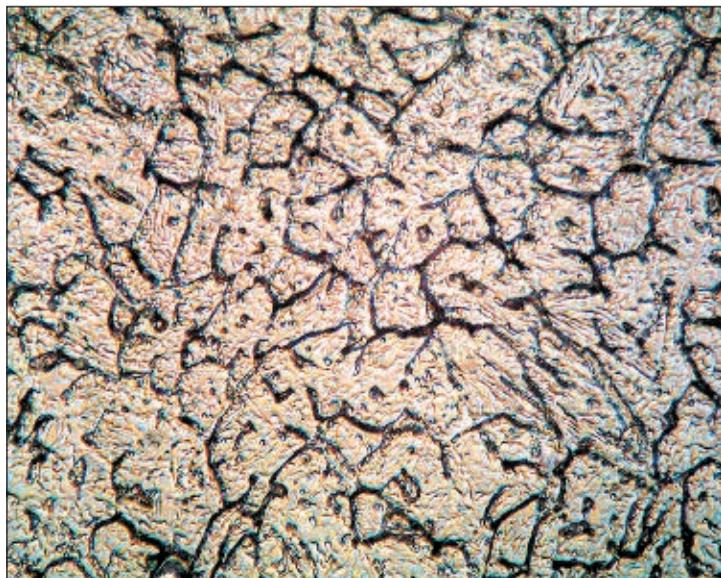
Известны технологии восстановления и изготовления штоков и плунжеров с применением хромирования и наплавки сплошной проволокой Св-08Х20Н10Г7Т под флюсом. В условиях действующих в Украине заводов, специализирующихся на ремонте шахтного оборудования, применение хромирования нереально ввиду отсутствия такого производства и нецелесообразно из-за его высокой экологической вредности, а также склонности хромового покрытия к образованию местных повреждений из-за его недостаточной толщины. Применение наплавки проволокой Св-08Х20Н10Г7Т нецелесообразно вследствие низкой твердости наплавленного слоя, недостаточной стойкости к образованию забоин от ударов породы и угля даже после дополнительной

обработки наплавленного слоя, а также из-за высокой стоимости проволоки.

ООО «ТМ.Велтек» предложило восстанавливать штоки и плунжеры с применением дуговой наплавки порошковой проволокой под флюсом. Работу выполняют в комплексе: порошковая проволока—наплавка—оборудование—оператор наплавочной установки. Штоки и плунжеры изготавливают из улучшенной стали 30ХГСА, которую классифицируют как ограниченно свариваемую, склонную к закалке и формированию в зоне термического влияния малопластичных структур, к возможному образованию холодных трещин при неблагоприятном термическом цикле при наплавке. Оптимизированы режимы наплавки, которые обеспечивают уменьшение проплавления основного металла и металла ЗТВ, незначительное увеличение размера зерна на участке перегрева с 9-го до 7-го балла. Оптимизация тепловложения в сочетании с сопутствующим охлаждением наплавливаемой детали позволяют поддерживать заданный термический цикл наплавки и ограничивать влияние автонагрева. В данных условиях был получен наплавленный слой с твердостью в пределах 40–45 HRC<sub>3</sub>. Отработаны режимы сопутствующего охлаждения детали как водой, так и воздухом. Наплавку выполняли по винтовой линии со скоростью 50–75 м/ч при величине перекрытия валиков 0,4–0,5. В процессе наплавки контролировали температуру детали.

Для реализации данной технологии ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» разработана порошковая проволока ВЕЛТЕК-Н425 (ТУУ 28.7–31749248–011:2007). Легирование наплавленного металла хромом, никелем и молибденом при заданном термическом цикле наплавки обеспечивает получение хромистого металла с мартенситно-ферритной структурой и твердостью 40–45 HRC<sub>3</sub> (рис. 1). По результатам испытаний на коррозионную стойкость образцов наплавленного металла в условиях воздушно-капель-

Рис. 1. Микроструктура наплавленного металла (×1000)



ного воздействия шахтных вод оптимизировано содержание хрома в наплавленном металле. Повышению коррозионной стойкости способствует диспергирование первичной структуры и снижение содержания вредных примесей в пределах  $S \leq 0,015\%$ ,  $P \leq 0,015\%$ . При макро- и микроструктурном исследовании образцов, вырезанных из наплавленных деталей, внутренних и внешних дефектов типа пор, трещин и несплавлений не обнаружено.

Объекты наплавки представляют собой цилиндрические детали диаметром 60–300 мм и длиной до 1300 мм. Несмотря на большой опыт применения автоматической наплавки тел вращения был проведен комплекс работ по оптимизации параметров наплавки (сила тока и напряжение дуги, скорость наплавки, величина перекрытия, глубина проплавления), а также элементов техники наплавки (диаметр проволоки и ее ориентация) и условий подвода и отвода теплоты, при которых обеспечивается устойчивое формирование наплаваемого металла (рис. 2). Особенно это актуально для деталей трубчатой конструкции диаметром 60–100 мм. Достигнута стабильная наплавка кольцевыми валиками по винтовой линии обработки 1,0 мм.

Проплавление основного металла стабильно в пределах 1,0–1,5 мм по длине изделия в зависимости от диаметра детали и режима наплавки. Отсутствует поводка и коробление наплаваемой детали. Композиция порошковой проволоки ВЕЛТЕК–Н425 обеспечивает стабильное формирование наплавленного металла и самопроизвольное отделение шлаковой корки в течение всего времени наплавки (рис. 3).

Разработаны технологии однослойной и двухслойной наплавки. Опыт реализации этих вариантов показал перспективность двухслойной наплавки за счет снижения проплавления основного металла и автонагрева. Отработана наплавка внутренних поверхностей проволокой ВЕЛТЕК Н425М под флюсом АН26П.

Для реализации данной технологии наплавки потребовалась модернизация наплавочного оборудования. Специализированная установка для наплавки разработана и изготовлена специалистами ремонтного завода. Электроприводы вращения изделия, перемещения наплавочной головки и подачи проволоки обеспечивают плавную регулировку и поддержание заданных параметров. Установка укомплектована механиз-



Рис. 2. Внешний вид поверхности наплавленного плунжера



Рис. 3. Рабочий момент наплавки плунжера

мом подачи проволоки ПДГО 602, источником питания ВДУ1000, устройством подачи и удержания флюса, как для внешней так и для внутренней наплавки. Применение ВДУ1000 обусловлено высоким коэффициентом использования оборудования при трехсменной работе. Участок наплавки укомплектован восемью установками. Одним из важных факторов, обеспечивающих высокое качество наплавки и стабильность работы участка, являлась подготовка операторов наплавочных установок. В настоящее время квалифицированный оператор обслуживает одновременно 2–3 установки в течение смены.

Контроль качества наплавленных деталей показал соответствие характеристик наплавленного металла требованиям к износу и коррозионной стойкости, а также отсутствие в наплавленном металле дефектов. В настоящее время наплавлено более 50 000 деталей. Анализ эксплуатации крепей в условиях забоя подтвердил высокую стойкость штоков и плунжеров.

● #915



# ОАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

**Украинское предприятие**  
ОАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий» является на протяжении многих лет одним из крупнейших в Европе производителей сварочных флюсов и силиката натрия. На сегодняшний день мы предлагаем более 20 марок сварочных флюсов.



На заводе разработана и внедрена Система управления качеством с получением Сертификатов TUV NORD CERT на соответствие требованиям стандарта DIN EN ISO 9001-2000 и научно-технического центра «СЕПРОЗ» ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO 9001-2001.



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



АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АД, АН-348-АП, АН-47, АН-47Д, АН-47П, АН-60, ОСЦ-45, АНЦ-1А, ОСЦ-45 мелкой фракции.  
(ГОСТ 9087-81, ТУ У 05416923.049-99, ГОСТ Р 52222-2004).

### СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ, силикатный модуль от 2,0 до 3,5.

Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.



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

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

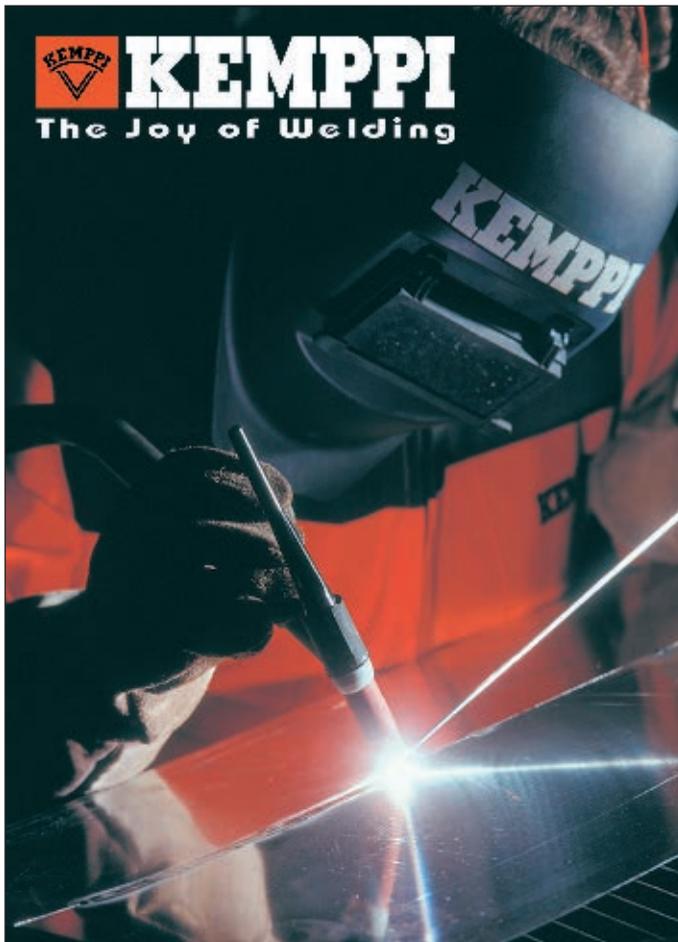
Благодаря тесному сотрудничеству с Институтом электросварки им. Е. О. ПАТОНА ОАО «Запорожстеклофлюс» освоил производство сварочных флюсов новым методом — двойным рафинированием расплава. Этот наиболее прогрессивный способ варки флюсов, защищенный патентами, существенно улучшил сварочно-технологические свойства флюсов при сохранении благоприятного соотношения качества к цене.

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

**ОАО «Запорожстеклофлюс»**  
Украина, 69035, г. Запорожье, ГСП-356, ул. Диагональная, 2, Отдел внешне-экономических связей и маркетинга  
Тел.: +380 (61) 289-0353; 289-0350  
Факс: +380 (61) 289-0350; 224-7041  
E-mail: market@steklo.zp.ua  
http://www.steklo-flus.com

Официальный представитель ОАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Украины и стран СНГ (кроме РФ) **ООО «Укртрейд», Запорожье**  
Получение продукции производится на складе ОАО «Запорожстеклофлюс».  
Тел.: (061) 224-6228, факс: (061) 224-6863  
E-mail: root@ukrtade.com.ua

Официальный представитель ОАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Российской Федерации **ЗАО Торговый Дом «Трансэнергом М», Москва.**  
Отгрузка со складов Белгорода, Москвы, Железнодорожная Курской обл.  
Тел. (095) 785-3622 — Коваленко Людмила Викторовна, Охенский Владимир Викторович  
Тел. (095) 330-0901 — Кащавцев Владимир Викторович, Кащавцев Юрий Викторович



## СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ одного из ведущих мировых производителей ФИНСКОЙ КОМПАНИИ КЕМРРИ ОУ

- Инверторы для ручной дуговой сварки.
- Сварочные полуавтоматы MIG/MAG.
- Аппараты для сварки TIG.
- Роботизированные комплексы.
- Специализированные разработки для судостроения и тяжелой промышленности.



Компания «ВИСТЕК» — официальный представитель в Украине

Техническая поддержка, гарантийное обслуживание, ремонт, оригинальные запчасти.

## Сварочные материалы производства «Артеммаш-Вистек»:

- Сварочные электроды АНО-6; -4; -21; МР-3; УОНИ 13/55; VISWELD.
- Сварочная проволока омедненная Св08Г2С на катушках, рядная намотка (15 и 5 кг), в бухтах 50-70 кг.
- Сварочная проволока неомедненная Св08Г2С (бухта 50-80 кг).



01033 Киев, ул. Жилианская 30 а, 12 эт.  
www.vistec.kiev.ua

т. (044) 569 5656, ф. 569 5657  
e-mail: vistec@vistec.kiev.ua



**Эффективное газобеспечение  
производственных процессов**

Linde Gas

*Linde*

**Бандлы (связки баллонов)  
от ОАО «Линде Газ Украина»:**

- Экономия затрат на содержание баллонного парка
- Стабильность рабочих параметров
- Сокращение времени на замену баллонов
- Снижение затрат на транспортировку
- Простота и удобство в обслуживании



Разрядная раampa с подключенными 16-местными ацетиленовыми бандлами

**ОАО «Линде Газ Украина»**  
[www.linde-gas.com.ua](http://www.linde-gas.com.ua)

Днепропетровск, ул. Кислородная, 1; тел. (0562) 35 12 25, ф. (056) 79 00 333  
Киевский филиал: ул. Лебединская, 36; тел. (044) 507 23 69  
Алчевский филиал: пр. Metallургов, 25а; тел. (06442) 3 70 19



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) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

### Расскажите, пожалуйста, об особенностях и проблемах сварки меди с алюминием и возможных путях их решения.

*А. Г. Яковлев (Чебоксары)*

Особенности сварки и возникающие при этом процессе сложности связаны в большинстве случаев с существенным различием физических и химических свойств данных материалов. К числу таких особенностей необходимо отнести следующее:

- резкое различие в химическом составе свариваемых материалов. Это приводит во многих случаях к появлению нежелательных с позиций формирования эксплуатационных свойств соединения фаз, изменению свойств металла в зоне термического влияния и изменениям в структуре;
- различие в теплофизических свойствах (температуре плавления, теплопроводности, теплоемкости, коэффициенте термического расширения), что ведет к асимметрии теплового поля, возникновению остаточных напряжений и деформаций;
- несовпадение диапазонов сварочных температур одного материала с допускаемой температурой, при которой не происходит ухудшения характеристик другого металла;
- отличие в природе оксидов, их химической стойкости, температурах плавления, способности к растворению в основном металле, защитных свойствах и т. п.;
- неодинаковая способность растворять газы;
- несовпадение диапазонов режимов термической обработки, требуемой в ряде случаев для снятия остаточных напряжений.

На свариваемость определяющее влияние оказывает физико-химическая совместимость материалов, проявляющаяся в способности образовывать между собой твердые растворы и химические соединения (интерметаллиды).

Металлургическую совместимость оценивают, как правило, на основе анализа двойных диаграмм состояния для компонентов, входящих в свариваемый металл. Возможность того, что в реальных условиях сварки успеют реализоваться закономерности, следующие из равновесных диаграмм состояния, зависит в определенной степени от способа и режима сварки.

Диаграмма состояния алюминий–медь свидетельствует, что в этой системе существует ряд устойчи-

вых при комнатной температуре химических соединений:  $\theta$ -фаза ( $Al_2Cu$ ),  $\eta$ -фаза ( $AlCu$ ),  $\xi_2$ -фаза,  $\sigma$ -фаза ( $Al_2Cu_3$ ),  $\gamma_2$ -фаза ( $AlCu_2$ ),  $\gamma$ -фаза ( $Al_4Cu_9$ ). Они имеют высокую твердость и низкую пластичность. При комнатной температуре медь обладает сравнительно малой растворимостью в алюминии, несмотря на сходство в кристаллическом строении этих металлов.

В отличие от взаимодействия алюминия с другими металлами (например, Ni, Fe) для взаимодействия Al с Cu характерны большие скорости роста прослоек интерметаллидов и малая продолжительность латентного периода. Для каждого способа существует достаточно узкий диапазон значений технологических параметров режимов сварки и температурно-временных условий эксплуатации биметаллического соединения. Работа биметалла Al+Cu допускается при температуре не выше  $400^\circ C$  во избежание интенсивного роста диффузионного слоя и резкого ухудшения механических свойств. При нагреве выше указанной температуры по мере ее роста и продолжительности выдержки в соединении алюминий+Л96 идет образование  $\delta$ -фазы, которая диффундирует в латунь, в результате чего появляются  $\gamma_2$ -фаза и  $\alpha$ -твердый раствор. Насыщение же алюминия  $\delta$ -фазой ведет к образованию  $\theta$ -фазы.

В связи с тем, что существуют достаточно пластичные сплавы системы Al–Cu, содержащие 7% Cu, и бронзы с содержанием Al до 10%, перспективным является такое ведение сварки плавлением, когда содержание меди в сварном шве не будет превышать 6–8%.

*Холодную сварку* применяют в основном для местного плакирования алюминиевых деталей медью (токоведущие элементы трансформаторов, шинопроводы, токоподводы к электролизерам) точечной сваркой, для получения компактных сечений. Материал заготовок — технически чистая медь и алюминий.

Лучше всего холодную сварку применять для соединения встык медных проводов с алюминиевыми. Обычно используют губки с насечкой. Длина вылета медного стержня должна быть на 30–40% больше, чем алюминиевого. Давление при холодной сварке встык 1471,5–1962 МПа.

*Методом холодной прокатки* получают биметаллические полосы (карточная и рулонная прокатка). Степень обжатия при сварке прокаткой 60–75%.

В связи с необходимостью создания в зоне соединения направленного течения металла специфика процесса сварки накладывает определенные ограничения на соотношения толщин исходных за-

готовок. Получить листовой материал при толщине больше 4 мм и малой толщине плакирующего слоя затруднительно или вовсе невозможно. Для электротехнической промышленности получают слоистый материал с минимальной толщиной медного покрытия 0,1–0,8 мм.

Принципиальных ограничений на размеры сечений при сварке встык, кроме возможностей самого оборудования, нет. Реально сваривают элементы с площадью сечения до 1000 мм<sup>2</sup>. При этом способе сварки образование интерметаллидов исключено, так как процесс идет без предварительного нагрева. Техника подготовки и сварки не отличается от принятых при холодной сварке.

Медь с алюминием можно *сваривать сдвигом*. Для меди касательные  $T$  и нормальные  $N$  усилия значительно выше, чем для алюминия. Соединения, равнопрочные основному металлу, получают при оптимальных значениях  $T$ ,  $N$ , а также величины сдвига  $l$ . Из *рисунка* видно, что равнопрочная сварка листов толщиной 4 мм, площадью 650 мм<sup>2</sup>, при скорости сдвига 25 мм/мин достигается при  $T=88,3$  кН,  $N=68,7$  кН,  $K=T/N=1,28$  и сдвиге около 6 мм.

*Сварку трением и ультразвуковую сварку* применяют для более широкой номенклатуры свариваемых алюминиевых и медных сплавов. Основная особенность, присущая этим методам, состоит в том, что в силу их специфики из зоны соединения непрерывно идет эвакуация нежелательных продуктов взаимодействия материалов (интерметаллидов). При сварке трением меди со сплавом АМц на шлифах наблюдается прерывистая узкая (примерно 1,5 мм) зона интерметаллидов. При ультразвуковой сварке соединение выполняют внахлестку точками или непрерывным швом. В силу специфики процесса толщина заготовки, со стороны которой подводятся колебания, ограничена 1,2–1,5 мм из-за гистерезисных потерь в толщине материала.

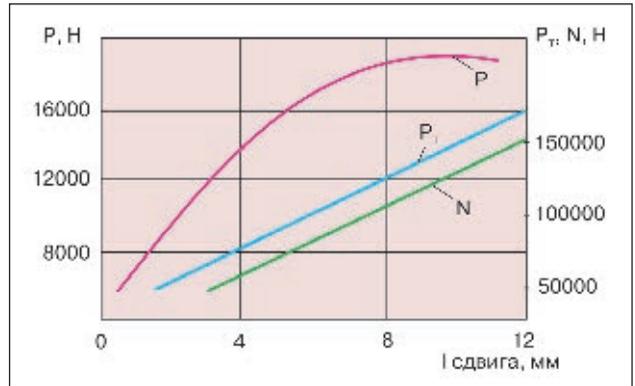
*Диффузионная сварка* обеспечивает доброкачественные соединения при сварке Cu, Al и некоторых его сплавов при максимально возможном ограничении температуры нагрева, времени сварки и при использовании барьерных подслоев и покрытий. В качестве материала для таких слоев могут быть использованы Zn, Ag, Ni.

Сварку выполняют в камерах при вакууме 1,3–0,13 Па. Перед сваркой торцы деталей тщательно зачищают и обезжиривают. Оптимальные режимы сварки (*таблица*) обеспечивают получение качественных соединений и минимальные относительные деформации. Например, соединение М1+АМц имеет  $\sigma_p=120$  МПа при относительной деформации 0,3%.

*Сварку плавлением* можно осуществлять только в том случае, когда обеспечивается плавление алюминия. Это дает возможность получать в шве металл с ограниченным (6–8%) содержанием меди, что обеспечивает оптимальное сочетание свойств соедине-

**Таблица. Оптимальные режимы сварки меди с алюминием**

Свариваемые материалы	Температура нагрева, °С	Давление, МПа	Время выдержки, мин
Медь+алюминий	520	9,8	10
Медь+АМц	510	6,9	15



**Рисунок. Зависимость разрушающего усилия соединения, сваренного сдвигом, от параметров процесса**

ния. Основные пути решения задачи: применение рюмкообразной разделки кромок, снижение опасности перегрева металла в корне шва, легирование металла шва Si, Zn, использование барьерных подслоев.

Нанесение на медную кромку электролитическим путем слоя цинка толщиной порядка 60 мкм при *аргонодуговой сварке* позволяет снизить содержание меди в шве до 1% и в 3–5 раз уменьшить протяженность интерметаллидной прослойки со стороны меди (до 10–15 мкм). Кромку медной заготовки при этом разделяют под углом 60°. Введение Zn через присадку при аргонодуговой сварке под флюсом приводит к тому, что содержание меди не превышает 12%, а количество цинка в шве может достигать 30%. Соединения, получаемые в таких случаях, разрушаются при испытании по алюминию вдали от шва.

*Электролитическое нанесение* на медную кромку слоя олова или цинка при сварке металла малой толщины (3–8 мм) позволяет получать доброкачественные соединения, т. к. слой покрытия, выполняющий роль барьера, кроме того, создает перед движущейся волной жидкого металла прослойку, облегчающую смачивание поверхности расплавом алюминия.

Применение более жестких режимов сварки (больших, чем необходимо для сварки алюминия) способствует получению удовлетворительного качества соединения. С уменьшением скорости сварки увеличивается переход меди в шов, растет время пребывания зоны контакта материалов при температуре интенсивного роста интерметаллидов. Рекомендуют выбирать погонную энергию из соотношения  $q/v=(18,8...20,9)\delta$ , где  $\delta$  — толщина свариваемого материала. Смещение электрода в сторону более теплопроводной меди должно составлять  $(0,5–0,6)\delta$ . ● #916

# Эффективные конструкции токоподводящих наконечников для сварочных полуавтоматов

**В. А. Лебедев**, канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,  
**В. И. Лещинский, А. В. Авраменко** (Полтавский ремонтный завод)

*Токоподводящие наконечники являются специфичными и важными узлами оборудования для дуговой сварки плавящимся электродом. От типа наконечника, его состояния во многом зависит качество сварного соединения и наплавленного слоя, экономические показатели эксплуатации полуавтоматов для сварки и наплавки.*

Известно большое число конструкций токоподводящих наконечников для сварочного оборудования различного назначения. Некоторые из них, кроме основной своей функции — обеспечения токопередачи на движущуюся электродную проволоку — выполняют и ряд других функций, например, компенсируют постоянно (автоматически) или дискретно (вручную) износ рабочей (токопередающей) поверхности, снижают электроэрозионное повреждение рабочей поверхности, повышают время эффективной работы наконечника, защищают от термического влияния дуги и др. Некоторые из указанных функций достигают путем существенного усложнения конструкции.

Токоподводящие наконечники трубчатой конструкции можно достаточно просто усовершенствовать для продления срока их службы, обеспечения стабильности токопередачи и устойчивости сварочного процесса. Установлено, что износ токоподводящего наконечника часто существенно влияет на стабильность горения дуги и качество шва.

Многokrатно опробован наконечник трубчатой конструкции (рис. 1), имеющий

отверстие, в котором находится дополнительная вставка для подачи электродной проволоки. Вставка имеет буртик, удерживающий ее от продольного перемещения. Токоподводящий элемент выполнен из меди или медьсодержащих сплавов. Стальная вставка обеспечивает стабильный контакт электродной проволоки и токоподводящего элемента практически в одной точке и изнашивается гораздо в меньшей степени, чем токопередающий элемент, так как не подвергается электроэрозии. При износе места токопередачи меняют местами токоподводящий элемент и вставку переустанавливают. Рассматриваемый токоподводящий наконечник может быть выполнен с прямой и криволинейной вставкой (на рис. 1 криволинейная вставка показана пунктирной линией). Криволинейная вставка дополнительно компенсирует износ точки токопередачи. Компенсация происходит за счет упругих свойств проволоки, которая, нажимая на левый (см. рис. 1) край вставки, поджимает ее правый край и фиксирует точку токопередачи. Для этих целей могут быть использованы отработавшие свой ресурс наконечники, в которых рассверливают внутреннюю токоподводящую поверхность. Токоподводящие элементы такой конструкции имеют ресурс в 3–6 раз больше, чем обычные трубчатые, поскольку вставка может быть использована многократно.

Простую конструкцию токоподводящего наконечника (рис. 2) рекомендуют для широкого применения в полуавтоматах для сварки тонкой сплошной электродной проволокой в среде защитных газов. Эффективность такого технического решения обусловлена экономической эффективностью и возможностью обеспечить стабильный сварочный процесс.

Представляет интерес проверенное на практике техническое решение, в котором в токоподводящем наконечнике использован внешний упругий элемент (рис. 3).

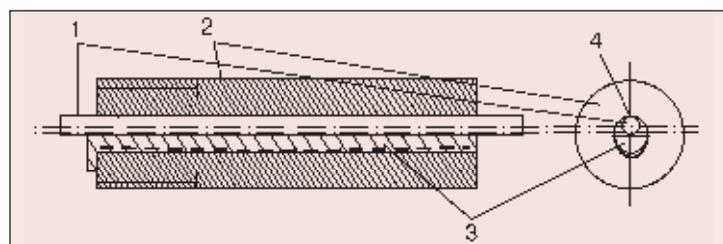


Рис. 1. Конструкция трубчатого токоподводящего наконечника с дополнительной вставкой: 1 — электродная проволока; 2 — трубчатый токоподводящий элемент; 3 — дополнительная вставка; 4 — точка токосъема

В ручке 3 шлангового держателя установлен корпус 5, на котором находится изоляционная втулка 2. На втулке закреплено сопло 1. В корпусе установлена токопроводящая конечная часть, которая состоит из неподвижной детали 4 и подвижной детали 9. В корпусе 5 находится ось 8, на нее одной стороной опирается рычаг 7, другая сторона которого через пружину 6 давит на подвижную деталь 9. В неподвижной детали 4 находится газовая магистраль 10. К неподвижной детали 4 подведены гибкий канал 11 и сварочный провод 12. На ручке установлен пусковой элемент 13 с проводами управления, с помощью которого управляют циклом сварки. Токоподводящий элемент 15 также установлен в неподвижной детали 4, которая имеет канал 14 для подачи электродной проволоки 16, при этом ось канала смещена относительно оси токоподводящего элемента на величину  $\delta$ , которая связана с диаметром электродной проволоки  $d_3$  следующим соотношением:  $\delta \geq 0,5 d_3$ .

Шланговый держатель работает следующим образом. При включении пусковой элемент 13 подает электродную проволоку 16 по гибкому каналу 11 к выходной части, которая состоит из подвижной детали 9 и неподвижной 4. При этом электродная проволока 16 перемещается по каналу 14 неподвижной детали 4. Далее проволока движется по токоподводящему элементу 15. Если не осуществляется принудительный токоподвод к электродной проволоке, то место, где произойдет токопередача в токоподводящем элементе 15, не может быть каким-то определенным продолжительное время и блуждает по внутренней поверхности токоподвода. При новом токоподводе

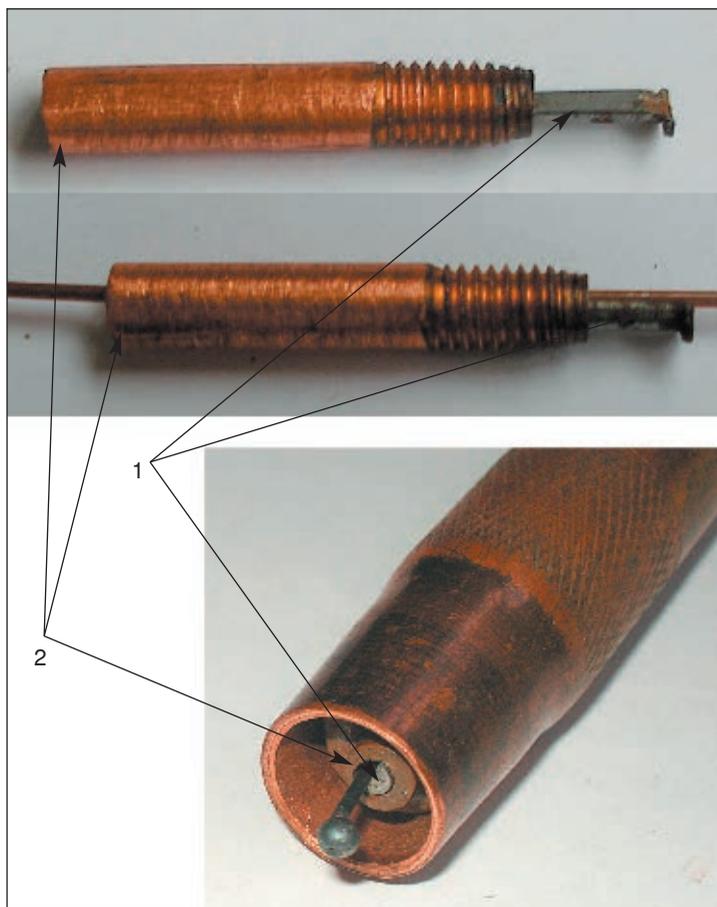


Рис. 2. Токоподводящий наконечник с дополнительной вставкой: 1 — дополнительная вставка; 2 — токоподводящий элемент

это место возникает в первой трети его длины (от конца), но со временем при механическом или электроэрозионном разрушении внутренней поверхности токоподвода оно начинает блуждать; сварка становится нестабильной, начинают возникать внутренние дуги между электродной проволокой и внутренней поверхностью токоподвода. Токоподвод быстро разрушается. Иногда возникает схватывание электродной

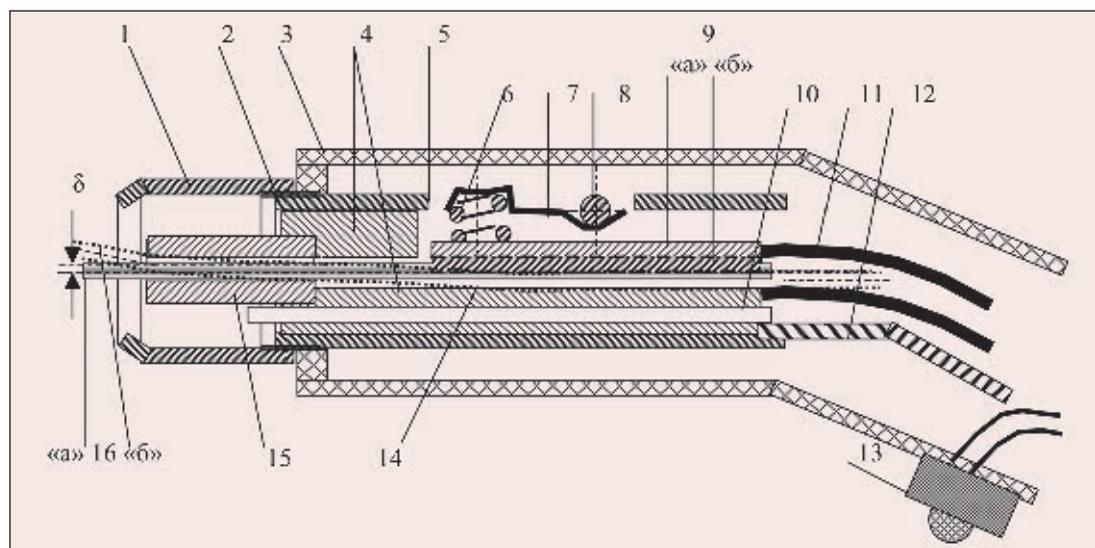


Рис. 3. Шланговый держатель с токоподводом, имеющим упругий прижим

Рис. 4. Держатель с токоподводом, имеющим упругий прижим, к полуавтомату для сварки тонкой стальной электродной проволокой малых диаметров: а — в рабочем положении; б — без чехла



проволоки с токоподводом. Происходит отказ в работе сварочного аппарата. Для обеспечения постоянного надежного контакта электродной проволоки с токоподводящим элементом использовано оригинальное техническое решение. Электродную проволоку прижимают подвижной деталью 9 к неподвижной токоведущей детали 4 с помощью пружины 6, которая действует на деталь 9 через рычаг 7 (см. рис. 3) (положением «б», изображенное точками). Такое положение электродной проволоки возникает как следствие ее упругой деформации при смещении оси токоподводящего элемента 15 и ка-

нала 14 в неподвижной детали 4. Ясно, что электродная проволока будет иметь постоянный контакт с внутренней поверхностью токоподводящего элемента 15, даже если он будет изнашиваться. Если по каким-то причинам теряется контакт электродной проволоки с токоподводящим элементом (повышенный износ в одной точке, отложение на внутренней поверхности продуктов горения) сварка не прекращается, а поддерживается благодаря надежной токопередачи через токоведущую неподвижную деталь 4, к которой прижата электродная проволока. В этом случае сварка идет при повышенном размере вылета электродной проволоки. В результате проволока дополнительно нагревается, несколько теряет свои упругие свойства, но расширяет свой диаметр и находит новое место контакта в токоподводящем элементе 15. Таким образом, рассмотренное техническое решение по удалению упругого элемента из зоны горения дуги позволяет устранять недостатки, присущие токоподводам с наружными упругими элементами и связанные с потерями упругих свойств из-за термического влияния дуги.

Рабочий вариант держателя с рукояткой пистолетного типа показан на рис. 4. Такой держатель обеспечивает бесперебойную подачу стальной и алюминиевой электродной проволоки диаметром 0,8–1,2 мм с интегральными скоростями в диапазоне 80–450 м/ч. Надежная токопередача позволяет снизить потери электродного металла на угар и разбрызгивание, обуславливает качественное формирование шва и надежность функционирования сварочного оборудования в целом. ● #917



### Волокнистая сталь выдержит суровые арктические условия

Хрупкость углеродистой стали при низких температурах доставляет немало хлопот машиностроителям. Разработка японских ученых привела к созданию нового типа стали, у которой при охлаждении улучшаются показатели ударной прочности. Материал не содержит легирующих добавок, поэтому металлоконструкции, предназначенные для работы в арктических условиях, будут стоить гораздо меньше, чем сейчас. Это касается в первую очередь буровых вышек и морских судов.

Обычная углеродистая сталь, не содержащая дорогостоящих добавок никеля, кобальта и ванадия, становится хрупкой при минус 30 °С. Новый материал, разработанный в Национальном институте материаловедения в Цукубе, при охлаждении становится более прочным, а хрупкость его проявляется лишь ниже минус 100 °С. Исследователи объясняют этот эффект различием в форме кристаллических зерен феррита, которые в данном случае имеют вид длинных тонких цилиндров (почти волокон), а не сферическую или эллипсоидную форму, как в обычной стали. Ферритовые зерна к тому же скрепляются зернами карбида размерами в несколько нанометров.

Процесс получения волокнистой стали, который получил название темпформинга (tempforming), заключается в нагреве и последующем сжатии образца обычной стали. Пластины толщиной 4 см нагревают до 1200 °С, затем охлаждают до 500 °С, после чего подвергают сильному сжатию не менее трех раз.

Из волокнистой стали можно будет изготавливать и простые болты, и трубы, и швеллеры. Использование такой стали позволит также уменьшить массу механических конструкций и транспортных средств, а значит, снизить потребление топлива.

www.cnews.ru

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРЕНДУ И ЛИЗИНГ

## ХАЙ-ТЕК ПО ТРЕБОВАНИЮ



**сегодня  
сталь**



**завтра  
алюминий**



**послезавтра  
CrNi-сталь**

ООО ФРОНИУС УКРАИНА  
+38 044 277 21 41 — администрация  
+38 044 277 21 48 — сервисный центр  
+38 044 277 21 45 — консультации  
в области сварки  
+38 044 277 21 44 — отдел продаж  
Киевская обл., Броварской р-н, с. Княжичи



ОТЛИЧНАЯ СВАРКА

FRONIUS UKRAINE GmbH  
sales.ukraine@fronius.com  
<http://www.fronius.com>  
fax: +38 044 277 21 44



## ОАО «ЗОНТ» (торговая марка «Автогенмаш»)

### ПРОИЗВОДСТВО:

- ♦ машин для термической резки «Комета М»;
- ♦ переносных газорезущих машин «Радуга»;
- ♦ машин для микроплазменной резки «Метеор»;
- ♦ машин фигурной газокислородной резки «АСШ-70М»;
- ♦ машин плазменной и газокислородной резки с ЧПУ для фигурной резки труб;
- ♦ машин для гидроабразивной резки «Марина»;
- ♦ насосов, теплообменников и запасных частей для криогенной техники.

ПОСТАВКА источников плазменной резки.  
КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ  
машин для термической резки металла.

65104, Украина,  
г. Одесса,  
пр-т Маршала  
Жукова, 103

т. +38 (048) 717-00-50, 715-69-40  
ф. +38 (048) 715-69-50  
e-mail: oaozont@zont.com.ua  
www.zont.com.ua



## СИМФЕРОПОЛЬСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД ПРОИЗВОДСТВО Электросварочного оборудования

- ♦ **ТРАДИЦИОННОЕ  
ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:**  
ТРАНСФОРМАТОРЫ СВАРОЧНЫЕ  
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ
- ♦ **ИНВЕРТОРНОЕ  
ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:**  
ПОЛУАВТОМАТЫ СВАРОЧНЫЕ  
УСТАНОВКИ ДЛЯ АРГОННОДУГОВОЙ СВАРКИ  
УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ  
ВЫПРЯМИТЕЛИ СВАРОЧНЫЕ  
БЛОК ФИЛЬТРЫ
- ♦ **ЧОППЕРНОЕ  
ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

95040, Украина, АР Крым,  
г. Симферополь, ул. Генерала Васильева 27-а  
тел. +38(0652) 66-81-23, 66-81-24, 48-19-12  
факс: +38(0652) 58-31-27, 58-31-26, 58-31-25  
E-mail: sales@simz.com.ua; www.simz.com.ua

ЗАВОД АВТОГЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**ДОНМЕТ**

www.donmet.com.ua

**80% ГАЗОСВАРЩИКОВ ВЫБИРАЮТ  
ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДА ДОНМЕТ**

**НАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА:**

- ✓ качественная продукция;
- ✓ сервисное обслуживание;
- ✓ поставка запасных частей;
- ✓ гарантия изготовителя - 24 мес.

**(06264) 5-77-13 • 4-26-85**

**НАВКО-ТЕХ**

Automatic machines and robots for arc welding

**Автоматические установки и роботы  
для дуговой сварки**

- УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ШВОВ
- УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ
- РОБОТТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ
- СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА

Украина, 03055, Киев, ул. Полевая, 24  
Тел.: +38 044 456-40-20  
Факс: +38 044 456-83-53  
http://www.navko-teh.kiev.ua E-mail: info@navko-teh.kiev.ua

# Новые электроды с рутиловым покрытием на рынке сварочных материалов

И. Р. Явдоцин, канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,  
П. А. Косенко, Н. А. Соловей, ГП ОЗСМ ИЭС им. Е. О. Патона (Киев)

ГП «Опытный завод сварочных материалов Института электросварки им. Е. О. Патона» начал продвижение на рынок сварочных материалов новых электродов с рутиловым покрытием – АНО–21М и АНО–21У. Обе марки предназначены для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей. Сварку можно выполнять как на переменном, так и на постоянном токе любой полярности. Электроды соответствуют типу Э46 по ГОСТ 9467–75. Обе марки электродов выпускают диаметром от 2,0 до 5,0 мм.

АНО–21М пригодны для сварки швов во всех пространственных положениях за исключением сварки вертикальных швов способом «сверху вниз». Электроды характеризуют легкое зажигание и повторное возбуждение дуги, идеальны для прихваток и коротких швов, обеспечивают прекрасное мелкочешуйчатое формирование металла шва и легкую или самопроизвольную отделимость шлаковой корки (рис. 1). При сварке этими электродами кромок металла, покрытых ржавчиной, краской или масляной пленкой, крайне низка вероятность образования дефектов. Высокая устойчивость горения дуги на малых значениях силы тока позволяет использовать бытовые трансформаторы с низким напряжением холостого хода. При использовании электродов АНО–21М даже начинающие сварщики получают хорошие результаты.

Электроды АНО–21У также позволяют варить швы во всех пространственных положениях. Однако в отличие от электродов АНО–21М вертикальные швы можно варить способом «сверху вниз» благодаря повышенному содержанию целлюлозы в по-



Рис. 1. Внешний вид углового шва, выполненного электродами АНО–21М: а — до удаления шлаковой корки; б — после удаления шлаковой корки

Рис. 2. Внешний вид шва, выполненного электродами АНО–21У в вертикальной плоскости способом «сверху вниз»

## Условное обозначение электродов по отечественным и международным стандартам

АНО–21М		АНО–21У	
Э46–АНО–21М–d–УД E512–P21	ГОСТ 9466–75, ГОСТ 9467–75	Э46–АНО–21У–d–УД E512–PЦ11	ГОСТ 9466–75, ГОСТ 9467–75
E380RR12 по EN499 E6013 по AWS/ASME SFA5.1		E380RC11 по EN499 E6013 по AWS/ASME SFA5.1	

Таблица 1. Типичный химический состав металла, наплавленного электродами АНО–21М и АНО–21У

Марка электрода	Массовая доля элементов, %				
	C	Mn	Si	S	P
АНО–21М	0,08	0,52	0,22	0,017	0,030
АНО–21У	0,08	0,60	0,26	0,019	0,031

Таблица 2. Типичные механические свойства металла швов, выполненных электродами АНО–21М и АНО–21У

Марка электрода	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСЧ, Дж/см <sup>2</sup> , при +20 °С
АНО–21М	420–440	490–520	22–24	100–110
АНО–21У	460–470	510–540	21–25	110–120

крытии. При этом они обеспечивают хороший провар корня шва, мелкочешуйчатое формирование с плавным переходом к основному металлу (рис. 2). Поэтому в отличие от других марок электродов этого типа электроды АНО–21У, помимо сварки в нижнем, горизонтальном положениях, на вертикальной плоскости, при сварке вертикальных швов способом «снизу вверх» обеспечивают высокое качество швов.

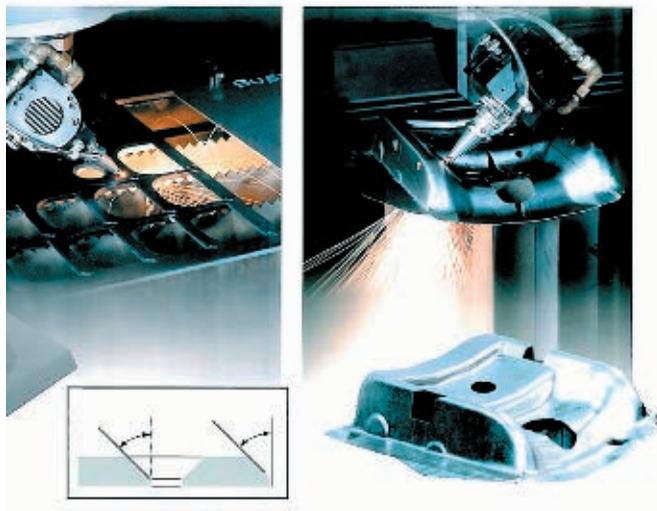
Электроды АНО–21М превосходят по сварочно-технологическим свойствам такие известные марки, как АНО–4, МР–3, а АНО–21У – по возможности сварки вертикальных швов способом «сверху вниз».

Обе марки электродов обеспечивают идентичные механические свойства металла шва и химический состав наплавленного металла (табл. 1 и 2). ● #918

# Лазерные технологические комплексы компаний «Mazak»

*Yamazaki Mazak Group по праву считается лидером инновационных технологий станкостроения и входит в тройку лидеров мирового станкостроения. Основанная в 1919 г., сегодня компания имеет 7 заводов по производству станков, 47 технических центров и 28 технологических центров. По всему миру в компании «Mazak» насчитывается около 5800 сотрудников. Фирма производит более 7000 станков в год, что позволяет ей занимать первое место в Японии и в мире по объему выпуска станков с ЧПУ. В настоящее время «Mazak» выпускает несколько сотен типоразмеров оборудования. Это машины для лазерной резки, обрабатывающие центры фрезерно-сверлильно-расточной группы, пятиосевые станки горизонтальной и вертикальной компоновки, токарные центры, гибкие производственные системы и многое другое. Успех компании основан на постоянном стремлении использовать новейшие технологии, разрабатывать и изготавливать продукцию, основываясь на традициях: качество, производительность и надежность, которым уже более 80 лет.*

Наиболее востребованным на рынке является оборудование для резки. Лазерное обрабатывающее оборудование «Mazak» активно применяют в различных отраслях промышленности во всем мире. Большую часть окружающих нас изделий изготавливают из листового и профильного материала. Качество деталей, полученных лазерной резкой, выше, чем полученных плазменной резкой. При лазерной резке листов толщиной до



6,5 мм кромка остается гладкой, прямолинейной и без окалины. При толщине до 25 мм имеется отклонение со скосом не более  $0,5^\circ$ .

Для максимально эффективной работы с лазерными машинами компания «Mazak» предлагает программное обеспечение, позволяющее раскрыть «потенциал» своих лазерных комплексов.

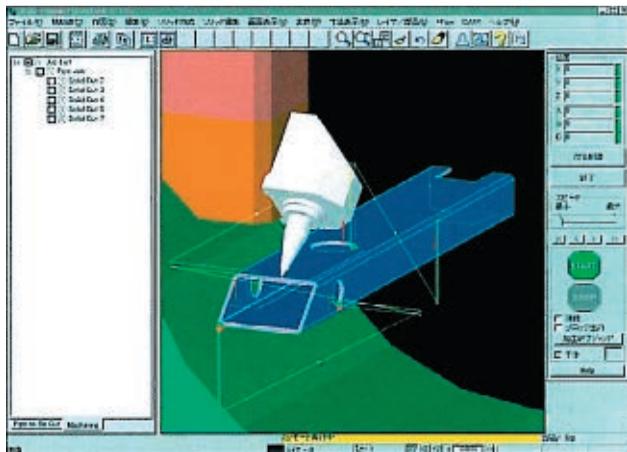
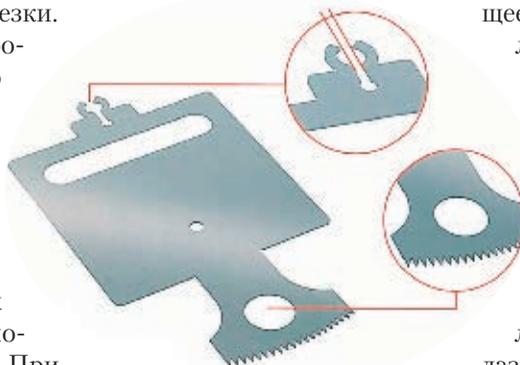
Программные пакеты FG-Cadcam, Smart System и Space Cam представляют собой готовые постпроцессоры со всеми функциями CAD/CAM систем.

Пакет **FG-Cadcam** предназначен для создания управляющих программ для машин лазерной резки трубных заготовок.

Пакет **Space Cam** предназначен для создания управляющих программ для раскроя трехмерных заготовок на машинах лазерной резки. Оба пакета позволяют осуществлять трехмерное моделирование, редактирование и создание управляющих программ. Режим трехмерной симуляции наглядно отображает весь процесс резки и указывает, в случае необходимости, на допущенные ошибки.

Благодаря быстрой смене линз и управляемой через ЧПУ фокусной оси, обеспечивающей дополнительное автоматическое перемещение линзы, независимое от оси Z, возможны:

- резка материалов любого типа и различной толщины (переход с одного материала на другой без ручной настройки);

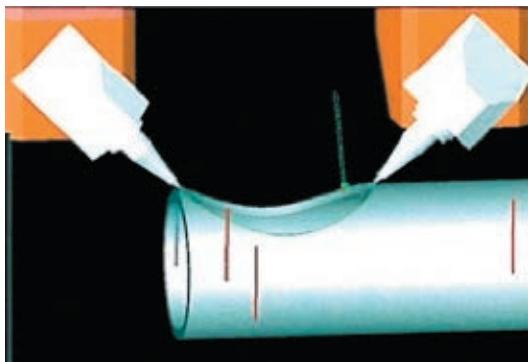


- автоматический выбор вспомогательного газа (три типа газа в зависимости от материала);
- предварительное программирование всех параметров резки;
- точный контроль резки в каждой рабочей зоне.

Для того чтобы иметь возможность резать материалы разной толщины, машины имеют линзы с фокусным расстоянием 5" (для резки тонких листов) и 7,5" (для резки толстых листов). Выходная мощность лазера может быть равна 1,5; 2,5 и 4 кВт в соответствии с требованиями обработки, что позволяет резать листы толщиной от 0,2 до 25 мм (при мощности лазера 4 кВт). Тип лазера – CO<sub>2</sub>. Лазерный газ – газовая смесь (He, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>).

Машины оснащены головкой с патронами для снятия фаски в отверстиях и головкой с патронами для нарезания резьбы. Предусмотрены:

- многофункциональный магазин смены головок;
- многофункциональный магазин смены сопел;
- магазин сопел (3 картриджа на установку);
- многопрофильная функция контроля сопел (CCD камера);
- многопрофильная автоматическая система контроля и проверки фокусного расстояния;
- многопрофильная система контроля оптических частей, зеркал и загрязненности линз;
- система бесконтактного профиля;
- функция автоматической калибровки;
- функция автоматического повторения профиля резки;
- многофункциональная система автоматического удаления посторонних частиц на соплах;
- многофункциональная система поддержания длины лазерного луча;
- система подачи чистого воздуха.



Машины лазерной резки представлены в двух основных категориях: машины лазерной резки для раскроя листа и машины лазерной резки для раскроя трубных заготовок.

**Машины Hyper Gear для лазерной резки.** При разработке Hyper Gear было использовано более 20 патентов. Комплекс Hyper Gear

автоматически меняет режущие горелки, насадки и диаметр луча. Hyper Gear может диагностировать и устранять дефекты резки, а также менять наконечники форсунок. Ультравысокоскоростная и высокоточная машина лазерной резки Hyper Gear позволяет даже неопытному оператору эффективно работать на станке.



HyperGear



Данная лазерная установка предназначена для резки листов широкого спектра материалов (сталь, алюминиевые сплавы, бронза, цинк, нержавеющая сталь и т. д.) и толщин (0,2–20 мм) на высоких скоростях. Машина имеет двухкоординатную систему раскроя. Разгон линейных двигателей до скорости перемеще-



ния режущей головки 130 м/мин происходит с ускорением 3g.

Установка оснащена системой смены паллет, позволяющей загружать заготовки и извлекать готовые детали без остановки процесса, а также имеет специальное программное обеспечение «Smart Junior».

Huger Gear вырезает 350 отверстий диаметром 10 мм в оцинкованном листе толщиной 0,8 мм за 1 мин, что сравнимо по производительности с вырубными прессами (станки с системой feed-back вырезают не более 152 отв./мин).

Система Mazatrol Preview — первая система ЧПУ подобного типа в мире. Сверхбыстрое управление определяет будущий характер движения. Оптимальные режимы резания, параметры луча и сопла выбираются автоматически путем простого введения данных о материале листа и его толщине. После введения данных интеллектуальное устройство устанавливает необходимое сочетание луча и сопла и автоматически проверяет сопло перед началом резки посредством CCD-камеры.

**Машины Fabri Gear для лазерной резки трубных заготовок.**

Машины лазерной резки труб автоматически загружают, подают, режут лазером и выгружают длинные и профильные трубы. Эти лазерные комплексы обрабатывают круглые, квадратные, прямоугольные трубы, а также I-, H-, C-образные профили и уголки. Они вырезают лазером отверстия, контуры, углы, снимают фаску всего за одну установку для каждой детали. Благодаря пятиосевой режущей головке Fabri Gear режет очень точные соединения, что производит революцию в дизайне многих изделий.

Как только труба или другая длинная заготовка загружается в магазин, трехмерная лазерная головка Fabri Gear может автоматиче-

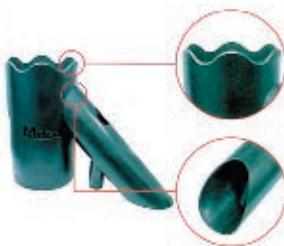
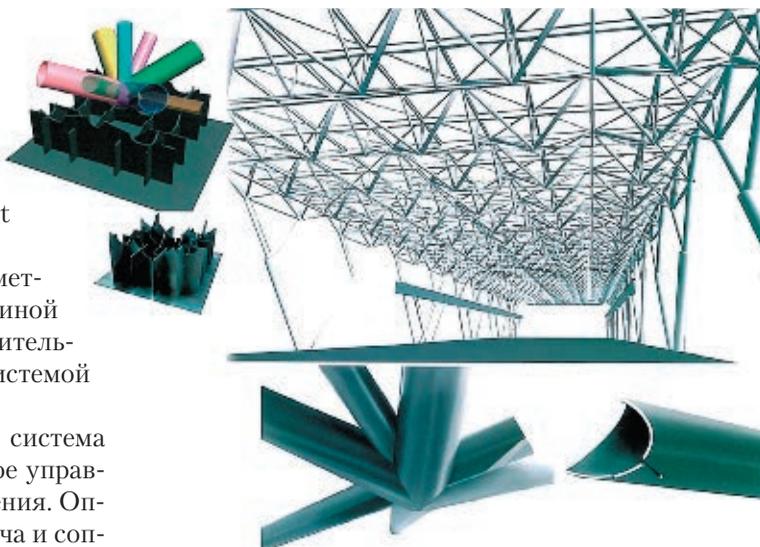
чески обрабатывать все боковые поверхности, а также торцы за одну установку. Стандартная система загрузки/выгрузки деталей позволяет обрабатывать также короткие детали с помощью специальных зажимных кулачков, что уменьшает отходы материала. Для расширения возможностей Fabri Gear можно оснастить лазерной сварочной станцией.

Машина незаменима для массового производства опор линий электропередач и сложных металлоконструкций.

Изготовленные на ней детали не требуют дальнейшей обработки.

**Универсальная машина Space Gear для лазерной резки**

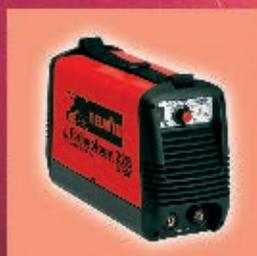
имеет чрезвычайно большой диапазон резки — от плоского листа до трехмерных деталей. Благодаря уникальной системе непрерывной подачи заготовок эффективность и точность резки одинаковы для любого места рабочего стола. 64-битная CNC в сочетании с конфигурацией высокой жесткости обеспечивает возможность высокоскоростной обработки плоских заготовок. Компактная режущая головка спроектирована с учетом сведения к минимуму помех при резке пространственных деталей. CNC, одновременно управляющая шестью осями, может обрабатывать точные линии разреза круглых труб и квадратных конструктивных элементов с помощью программы, состоящей едва ли не из трех строк. Машина незаменима предприятиям, изготавливающим металлоконструкции для стадионов, выставочных комплексов и других сооружений. ● #919





ПРОМЫШЛЕННАЯ ГРУППА

WWW.DUKON.RU



Инверторные источники

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ И РЕЗКИ



Машины точечной сварки



Многофункциональные  
сварочные аппараты



Установки плазменной резки



Установки аргоновой сварки

**Разработка  
комплексных решений  
для Вашего производства.  
Демонстрационные залы.  
Гарантия. Сервис.**

Санкт-Петербург (812) 326-92-46  
Москва (495) 642-68-57  
Н.Новгород (831) 220-14-55

Екатеринбург (343) 310-00-12  
Казань (843) 298-71-96  
Ростов-на-Дону (863) 219-51-21

Тольятти (8482) 51-19-00  
Самара (846) 273-35-25  
Новосибирск (383) 211-27-70



## ГНПП «ОБЪЕДИНЕНИЕ КОММУНАР»

### ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ инверторное сварочное оборудование серии ВДУЧ

г. Харьков, 61070, ул. Григория Рудика, 8  
тел. (057) 702-99-49, факс (057) 757-07-91  
e-mail: otd36@tvset.com.ua,  
kommunar@tvset.com.ua  
www.tvset.com.ua



ФОРМИРУЕМ ДИЛЕРСКУЮ СЕТЬ



- Высокое качество сварки
- Экономичность потребления электроэнергии (1500 кВт в месяц на один ВДУЧ)
- Повышенная безопасность
- Повышенная надежность при развитой системе защиты
- Плавное регулирование силы сварочного тока
- Универсальность выходных вольт-амперных характеристик ВАХ
- Широкий диапазон рабочих температур (от -40 до +40 °С)
- Механическое исполнение (группы М3, М18)
- Небольшие габариты и масса

## ТОРСИОН

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ.  
ТОКОПРОВОДИЩИЕ НАКОНЕЧНИКИ, КОМПЛЕКТУЮЩИЕ  
ДЛЯ ГОРЕЛОК ДУГОВОЙ СВАРКИ. КОМПЛЕКТУЮЩИЕ К  
ПЛАЗМОТРОНАМ, ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ К СВАРОЧНЫМ  
ПОЛНАВТОМАТАМ



## ИЗДЕЛИЯ ИЗ МЕДИ И ЕЁ СПЛАВОВ

87504, Украина, г. Мариуполь Донецкой обл.  
тел. (0629) 43-55-66, 40-48-80; ф. (0629) 47-38-79  
e-mail: torsion@mariupol.net

## OUTERSHIELD 71 С

порошковая  
проволока  
нового  
поколения

- Предназначена для сварки низкоуглеродистых (08, 10, 15, 20 и др.), низколегированных (09Г2, 09Г2С, 16ГС), а также судостроительных категорий А, В, D (Lloyd) и трубных сталей типа X46, X52, X60 (API 5LX).
- Стабильное горение дуги в CO<sub>2</sub> и газовых смесях.
- Возможность снижения силы сварочного тока на 20–30% при сварке металла толщиной 5–15 мм.
- Высокая производительность сварки.
- Отличное формирование шва.
- Проволока поставляется на катушках 5 и 15 кг в вакуумированной упаковке из алюминиевой фольги.

ООО «Экотехнология»  
официальный дистрибьютор  
Lincoln Electric в Украине

тел.: (044) 240 80 24,  
200 80 84, 200 80 56  
(многоканальный);  
факс: (044) 200 80 90

## Однопостовой сварочный дизельный агрегат постоянного тока воздушного охлаждения АДД-4004

**Форма постановки:** на раме или на шасси. АДД-4004 — агрегат дизельный сварочный, предназначен для питания одного сварочного поста ручной дуговой сварки, используется для работы в полевых условиях, т. к. конструкция включает в себя автономный источник питания в виде двигателя внутреннего сгорания.

**По сравнению с ранее выпускаемыми аналогами агрегат АДД-4004 обладает следующими преимуществами:**



- повышенной надежностью и сроком службы за счет применения современных и модернизированных двигателя и генератора;
- для питания электроинструмента в составе агрегата имеется вспомогательный генератор переменного тока (220 В, 4 кВт) частотой 50 Гц, приводимый ремённой передачей от основного дизеля, при этом обеспечивается работа шлифовальной машинки, электродрели и другого подобного электроинструмента, а также питание ламп освещения;
- экономичный и малогабаритный двигатель воздушного охлаждения.

Технические характеристики	
Вид тока	Постоянный
Пределы регулирования, А	45–430
Номинальный сварочный ток при ПВ=60%	400
Напряжение холостого хода, В	70
Модель двигателя / мощность, кВт (л.с.)	Д-144 / 37(50)
Частота вращения, об/мин	1800
Вид топлива	Дизельное
Вид охлаждения	Воздушное
Часовой расход топлива, кг/ч	4,4
Емкость топливного бака, л	60
Масса, кг, не более, на раме	750
Габаритные размеры, мм, на раме	1670×950×1200

Агрегат предназначен для работы на открытом воздухе в полевых условиях при температуре окружающего воздуха от минус 45°С до плюс 40°С и относительной влажности не более 80% при плюс 20°С.

## Сварочный полуавтомат ПДГ-312-5 в комплекте с источником ВС-450 (с синергетическим управлением)

Предназначен для полуавтоматической дуговой сварки плавящейся электродной проволокой на постоянном токе изделий из малоуглеродистой и низколегированной стали в среде углекислого газа и газовых смесей; изделий из алюминия и его сплавов, а также из коррозионноустойчивых сталей в среде аргона.

**Основные преимущества:**



- Обеспечивает полуавтоматическую сварку алюминия и его сплавов, а также коррозионноустойчивых сталей, при комплектации полуавтоматом.
- Ступенчатое регулирование сварочного напряжения (28 ступеней).
- Наличие приборов индикации сварочного тока и напряжения.
- Наличие ступенчатой регулировки индуктивности сварочного контура (3 ступени) позволяет оптимально выбрать сварочный режим для сварки различными сварочными материалами во всех пространственных положениях.
- Жесткая внешняя характеристика.
- Класс изоляции Н.
- Наличие розетки 36 В для питания подогревателя газа.
- Быстроразъемные, безопасные токовые разъемы.
- Низкое энергопотребление благодаря высокому КПД.
- Малый вес и габаритные размеры.
- Мобильный в перемещении (установлен на колеса).

- Современный дизайн и эргономика.

**Безопасность и надежность в работе:**

- Наличие тепловой защиты от перегрузок.
- Наличие автомата защиты сети.
- Наличие защиты от короткого замыкания и токовых перегрузок цепи управления выпрямителя, цепи питания полуавтомата, цепи подогревателя газа и цепи питания вентилятора.

**Синергетическое управление.**

- Наличие синергетического управления позволяет легко настроить оптимальный сварочный режим методом выбора основных сварочных параметров: диаметра и типа сварочной проволоки, вида защитного газа, толщины свариваемого материала. В зависимости от выбранных сварочных параметров автоматически подбирается скорость подачи (сварочный ток) электродной проволоки.
- В ВС-450 установлены приборы цифровой индикации сварочного тока, сварочного напряжения, скорости подачи сварочной проволоки, толщины свариваемого материала, а также рекомендуемой ступени индуктивности выпрямителя.
- Позволяет отключить синергетическое управление и перейти в режим ручной настройки сварочного режима.

Технические характеристики	
Наименование параметра	Значение
Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ, %)	490 (60)
Регулирование сварочного напряжения	Ступенчатое
Пределы регулирования сварочного тока, А	30–530
Пределы регулирования сварочного напряжения, В	15–40
Номинальное рабочее напряжение, В	39
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Количество ступеней регулирования сварочного напряжения	28 (4×7)
Количество ступеней регулирования индуктивности	9
Потребляемая мощность при номинальном токе 450 А (ПВ=60%), кВА, не более	28,5
Масса, кг, не более	170
Габариты, мм, не более	720×520×890

# Проблемы контактной стыковой сварки ленточных пил, проволоки и стержней

В. Г. Чайка, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона»,

Б. И. Волохатюк, Д. В. Чайка, ЧП «Чайка» (Киев)

*Стыковая сварка — способ контактной сварки, когда детали соединяют в процессе совместной пластической деформации нагретых электрическим током торцов при осадке по всей площади сечения. Детали 1 (рис. 1) устанавливаются в токоподводящих зажимах 2 и 3, один из которых, например зажим 3, подвижный. Сварка проходит в два этапа. На первом производят нагрев торцов деталей, на втором — их осадку.*

По методу нагрева различают два способа контактной стыковой сварки — сопротивлением и оплавлением. Эти два способа сварки отличаются как по сложности конструкции сварочных машин, реализующих эти технологии, так и по качеству получаемых соединений. В машинах для сварки сопротивлением подвижный зажим приводится в движение усилием пружины. В машинах для сварки оплавлением подвижный зажим приводится в движение специальным приводом, от которого зависит изменение скорости при оплавлении и осадке.

Нагрев деталей при стыковой сварке происходит благодаря тому, что через них проходит электрический ток  $I_{св}$ , и в результате электрического сопротивления  $R$  выделяется теплота  $Q$  (закон Джоуля-Ленца):

$$Q = I_{св}^2 R t, \quad (1)$$

где  $t$  — время сварки.

Общее сопротивление деталей

$$R = 2R_d + R_k, \quad (2)$$

где  $R_d$  — сопротивление деталей (вылетов деталей из электродов машины);  $R_k$  — контактное сопротивление между деталями.

Сопротивление деталей  $2R_d$  зависит от удельного электрического сопротивления металла  $\rho$ , длины их вылетов из электродов машины  $L_{св}$  (установочной длины под сварку) и площади поперечного сечения деталей  $S$ :

$$2R_d = K_{п} \rho L_{св} / S, \quad (3)$$

где  $K_{п}$  — коэффициент поверхностного эффекта (заметно растет до температуры ферромагнитного превращения).

**Контактная стыковая сварка сопротивлением.** При сварке сопротивлением (см. рис. 1) детали предварительно сжимают с заданным усилием  $F_{св}$  и включают сварочный трансформатор 4. В результате протекания сварочного тока происходит постепенный нагрев стыка до температуры, близкой к температуре плавления. Торцы деталей размягчаются, и под действием приложенного усилия пружины  $F_{св}$  происходит их осадка. Детали деформируются в стыке, формируется физический контакт и образуется соединение. Сварочный ток выключается в процессе осадки.

Нагрев деталей при сварке сопротивлением на начальном этапе осуществляется за счет контактного сопротивления  $R_k$  в торцах деталей. Наличие контактного сопротивления связано с ограниченностью площади электрического контакта из-за неровной поверхности деталей, а также из-за различных неэлектропроводных поверхностных образований: оксидных пленок, адсорбированной влаги, масел, продуктов коррозии, пыли и др. Поэтому фактическая площадь контакта до начала нагрева деталей значительно меньше поперечного сечения деталей. В начале процесса  $R_k$  относительно велико, но при нагреве до 600–700 °С практически исчезает, и дальнейший нагрев де-

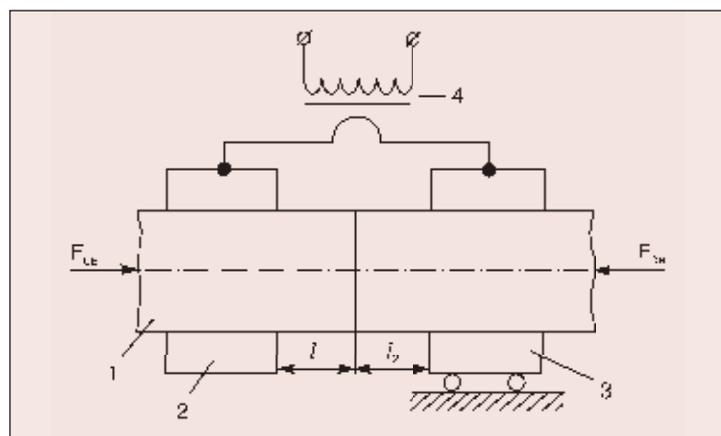


Рис. 1. Схема контактной стыковой сварки: 1 — свариваемые детали; 2 — неподвижный зажим; 3 — подвижный зажим; 4 — сварочный трансформатор;  $F_{св}$  — сжимающее усилие;  $I_{св}$  — сварочный ток;  $l_1$  и  $l_2$  — нагреваемые вылеты деталей

талей осуществляется за счет их удельного электрического сопротивления. Контактное сопротивление оказывает решающее влияние на нагрев деталей. В общем балансе теплоты доля теплоты, выделяемой в зоне контактного сопротивления между деталями, не превышает 10–15%. Однако за небольшой промежуток времени она вызывает быстрое повышение в этой зоне температуры, которая сохраняется и после исчезновения контактного сопротивления до конца цикла сварки. Интенсивность тепловыделения в контактной зоне определяет начальное давление в торцах, которое для сталей обычно не превышает 15–30 МПа. При снижении давления интенсивность тепловыделения возрастает, но ухудшается равномерность нагрева по сечению. Кроме того, малое давление в торцах деталей и большая плотность тока, необходимая для нагрева сопротивлением (значительно большая, чем при нагреве оплавлением), приводят к выплескам металла при нагреве и вследствие этого к образованию оксидов в зоне соединения.

Нагрев сопротивлением деталей, таких как ленточные пилы, происходит очень неравномерно. Это связано со случайным расположением участков контактирования и является основной проблемой при сварке сопротивлением. Неравномерность нагрева возрастает с увеличением ширины свариваемых лент, поэтому обеспечить равномерный контакт вдоль стыка лент шириной более 20 мм весьма проблематично. В стыке лент, установленных в зажимы сварочной машины, контакт традиционно образуется с одной стороны стыка. В процессе сварки этот участок первоначального контактирования более длительный период времени подвергается термическому воздействию и нагревается до более высоких температур, что приводит к перегреву металла на данном участке со всеми вытекающими последствиями: ростом зерен, отложением примесей по границам зерен и др. Пластические и прочностные свойства металла в данной зоне снижаются, улучшить их высоким отпуском невозможно. Поэтому сварные соединения ленточных пил, полученные контактной стыковой сваркой сопротивлением, не имеют высокого, а главное, стабильного качества сварки.

Обеспечение нагрева и получение требуемого температурного поля — это только первая половина задачи сварки. Вторая — формирование сварного соединения в процессе пластической деформации нагретых

торцов во время осадки. На процесс образования сварного соединения при стыковой сварке решающее влияние оказывают оксидные пленки на торцевой поверхности деталей. Они затрудняют межатомное взаимодействие и препятствуют формированию прочных металлических связей. При сварке сопротивлением в процессе осадки происходит лишь частичное разрушение и удаление оксидов, что определяет относительно низкую пластичность получаемых соединений.

Несмотря на невысокое качество получаемых сварных соединений, благодаря простоте и низкой цене машины для контактной стыковой сварки сопротивлением имеют достаточно широкое распространение. Это оправдано в тех случаях, когда к сварным соединениям не предъявляют жестких требований. На рынке предлагаются машины для сварки пил сопротивлением итальянских, китайских и немецких производителей, а также их копии САП–40, Г–45 (Украина), САКС–051, УСЛ–50 (Россия). Последние — те же машины, которые изначально были предназначены для сварки пил шириной до 20 мм, но теперь имеют зажимы для пил шириной до 40 мм. Однако часто предприниматели для увеличения спроса на аппаратах САП–50 и САП–60 указывают, что они снабжены зажимами для пил шириной до 50 и 60 мм. В результате покупатель может приобрести не подходящее ему оборудование, хотя в данной ситуации речи о качественной и надежной сварке нет. Чтобы такого не произошло, необходимо осознать, что не следует приобретать сварочные машины, руководствуясь соображениями дешевизны. Если недостаточно средств для приобретения хорошей сварочной техники, следует пользоваться услугами того предприятия, где эта техника есть. Следует подчеркнуть, что при разработке и производстве контактных машин обязательно необходимо привлекать технологов-сварщиков, особенно для машин САП–40... САП–60 и упомянутой ниже МС4. Контактные машины — очень специфическая техника, и это лишний раз подтверждает высокая цена хороших, правильных машин.

**Контактная стыковая сварка оплавлением.** При сварке оплавлением сначала на детали подают напряжение от сварочного трансформатора, а затем их сближают с заданной скоростью. В процессе сближения между деталями непрерывно возникают и разрушаются перемычки (электрические контакты), оплавляя торцы до получения

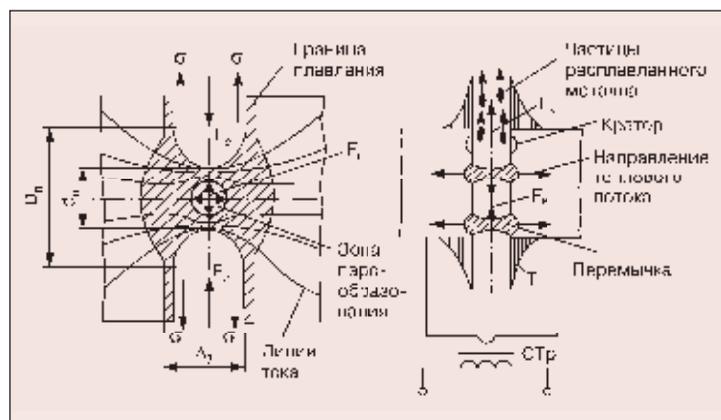
на них сплошного слоя жидкого металла. Далее резко увеличивают скорость сближения деталей, включают осадку и под действием приложенного усилия  $F_{св}$  торцы смыкаются, образуя сварное соединение. Ток во время осадки деталей выключают. Нагрев деталей на начальной стадии процесса осуществляется в основном за счет контактного сопротивления между деталями  $R_k$ , которое значительно больше сопротивления самих деталей  $2R_d$ . К концу оплавления скорость сближения возрастает, увеличивается количество и размер перемычек и благодаря равномерному распределению по сечению контактное сопротивление уменьшается, а сопротивление деталей  $2R_d$  в результате нагрева несколько возрастает. Это обеспечивает улучшение равномерности нагрева деталей и их температурного поля. Механизм нагрева при оплавлении можно представить следующим образом. В процессе сближения деталей между твердыми или жидкими локальными участками поверхности торцов образуются перемычки. Нагрев происходит током большой плотности, который вызывает быстрое плавление и образование перемычек из жидкого металла (рис. 2). Перемычки мгновенно разрушаются (длительность существования перемычек не превышает 0,001–0,005 с). Форму и размеры перемычек определяет действие двух основных противоположно направленных сил (рис. 2, а): сил поверхностного натяжения  $\sigma$ , стремящихся при сближении деталей уменьшить зазор  $\Delta_z$  и увеличить диаметр перемычки  $d_{п}$ , а также электромагнитных сил  $F_c$  (пропорциональных квадрату силы сварочного тока), стремящихся сжать и разорвать перемычку. Сжатие перемычки вызывает увеличение в ней плотности тока и скорости нагрева. При достаточно большой плотности тока (около 3000 А/мм<sup>2</sup> при оплавлении низкоуглеродистой стали) металл

в центре перемычки переходит в парообразное состояние, и под действием возникающих при этом сил  $F_{п}$  происходит ее взрывообразное разрушение. Давление паров в момент взрыва достигает 10–12 МПа, а температура 6000–8000 °С. Расплавленный металл выбрасывается из стыка в виде искр со скоростью, превышающей 60 м/с, и ведет к укорочению деталей. Между одновременно существующими перемычками, как между проводниками с током одного направления, действуют электромагнитные силы  $F_B$  (рис. 2, б), стремящиеся их сблизить и объединить. Однако из-за быстрого разрушения перемычек этот процесс обычно не успевает завершиться. Силы  $F_k$ , вызванные взаимодействием тока в перемычках с магнитным полем сварочной машины, способствуют их перемещению в стык и выталкиванию из сварочного контура.

Перемычки в стадии их формирования до момента разрушения служат источниками нагрева (за счет теплопроводности) металла зоны термического влияния. В начале оплавления распределение температуры на оплавленных торцах неравномерно, причем степень неравномерности по мере нагрева уменьшается (рис. 3). Хотя расплавленные участки появляются уже в начале оплавления, средняя температура на торцах растет постепенно до тех пор, пока их поверхности не покроются более или менее равномерным слоем расплавленного металла. Это обеспечивается при установившемся процессе оплавления, когда перемычки последовательно и многократно с большой частотой возникают и разрушаются по всей площади торцов деталей (рис. 3, б). Таким образом, нагрев оплавлением заключается в накоплении теплоты, выделяющейся в процессе непрерывного образования и разрушения электрических контактов (перемычек) в процессе сближения свариваемых торцов. Часть выделившейся при этом теплоты остается в металле, другая часть безвозвратно теряется в атмосфере с брызгами металла.

Одной из главных характеристик процесса оплавления является его устойчивость, которая обеспечивается в том случае, если снижение контактного сопротивления в стыке компенсируется быстрым нарастанием силы тока сварки и повышением полезной электрической мощности машины. На практике для обеспечения устойчивого оплавления применяют сварочные машины с трех-пятикратным запасом мощности. Если при сварке какой-либо сторонний возму-

Рис. 2. Схемы расположения перемычек расплавленного металла при оплавлении: а — действующие на перемычку силы  $\sigma$  и  $F_c$ ; б — смещение перемычек под действием сил  $F_B$ ,  $F_k$



щающий фактор вызывает даже кратковременный срыв оплавления и переход на нагрев сопротивлением, такой большой запас мощности приводит к полной потере качества соединения. Это обусловлено тем, что напряжения, необходимые для устойчивого оплавления, приблизительно в 1,5 раза выше, чем напряжения, необходимые для нагрева сопротивлением. В случае перехода на нагрев сопротивлением большое вторичное напряжение приводит к резкому увеличению силы тока и к перегреву металла в зоне соединения. Поэтому разработка новых сварочных машин с меньшим запасом электрической мощности, обеспечивающих высокое и стабильное качество соединений, весьма актуальна.

Следует отметить, что процесс оплавления целесообразно вести при минимально возможном вторичном напряжении, однако достаточном для устойчивого оплавления. При этом увеличивается время пребывания перемычек в стыке, доля теплоты, идущей непосредственно на нагрев деталей, глубина прогрева деталей, больше расплавленного металла остается на торцах. В этом случае термический коэффициент полезного действия процесса оплавления максимален.

В процессе оплавления детали нагреваются до образования на торцах слоя расплавленного металла и получения требуемого распределения температуры в зоне термического влияния. Последующая осадка стыка обеспечивает удаление из торцов оксидов и формирование металлических связей в зоне соединения. Удаление оксидов облегчено и происходит вместе с частицами расплавленного металла, выбрасываемого из стыка в грат при оплавлении, и при осадке в процессе деформации. Кроме того, избыточное давление паров металла, возникающее при оплавлении, защищает расплавленный металл от окисления, затрудняя проникновение воздуха в торцы. Поэтому механические свойства таких соединений выше. Повышение скорости соединения (смыкания) торцов на конечной стадии оплавления и скорости осадки уменьшит вероятность окисления расплавленного металла и обеспечит получение более мелкозернистой структуры металла шва. Скорость растет с увеличением усилия осадки и уменьшением массы подвижного зажима. Однако увеличить скорость на существующем оборудовании затруднительно, так как большие усилия осадки приводят к потере устойчивости торцов лент, а масса подвиж-

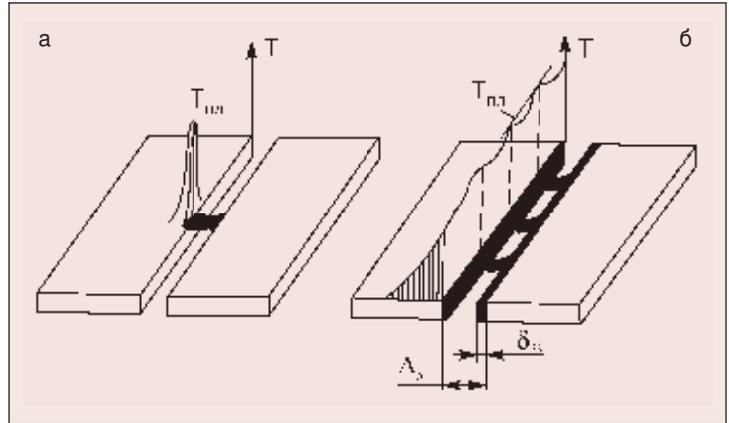


Рис. 3. Схема распределения температуры при сварке оплавлением в начальной (а) и конечной (б) стадиях процесса

ного зажима определена конструкцией машины и не может быть изменена. Особенно мала скорость осадки при сварке деталей, сечения которых являются минимальными для сварочной машины. Это обусловлено необходимостью применения малых усилий осадки, при которых сохраняется устойчивость торцов деталей в процессе деформации. Кроме этого повышение скорости крайне желательно при сварке сложно-свариваемых сталей и сплавов. К таким сталям относятся пружинные и быстрорежущие стали, из которых изготовлены биметаллические пилы, а, как известно, трудно на существующих машинах получить стабильное качество сварки биметаллической пилы. Поэтому актуальна разработка новых машин с повышенной скоростью соединения (смыкания) торцов при осадке.

Предлагаемые на рынке машины для контактной стыковой сварки оплавлением Ideal BAS-050, Ideal BAS-060 и др. (Германия), Fulgor FW400, (Италия), FL50 (Россия) выполнены по традиционной однотипной схеме и отличаются друг от друга, в основном, мощностью и внешним видом. Машины украинских производителей Г-22 и облагороженная внешне, но ухудшенная по жесткости конструкции ее копия МС4, — тяжелые, ненадежные, их конструкция не отвечает современным требованиям.

Рассмотрим наиболее удачные машины BAS-050 и BAS-060 фирмы Ideal (Германия). Данные машины достаточно популярны (несмотря на высокую стоимость), поскольку позволяют получать стабильное качество сварки. Машины доступны, так как выпускают серийно, комплектуют пирометрами для автоматического поддержания температуры при термообработке, ножницами для резки пил и зачистными устройствами. Аргументом в пользу выбора этих машин часто является наличие пирометра. По

мнению авторов, данный аргумент ошибочный, и вот почему. Поскольку пирометр измеряет и поддерживает температуру по заданной программе в одной точке шириной приблизительно 1 мм, необходимо, чтобы при термообработке температура металла по ширине ленты была одинаковой. Это возможно только в случае обеспечения равноценного токоподвода в обоих зажимах, т.е. распределение усилий прижима и контактных сопротивлений в токоподводах по ширине ленты должно быть одинаковым. Для этого необходимо, чтобы контактные поверхности были идеально чистыми и ровными при каждой сварке. На практике чистота контактных поверхностей, при которой обеспечивается достаточно равномерный нагрев и соответственно удовлетворительная работа пирометра, сохраняется лишь для ограниченного количества сварок (10–20 сварок). При большем количестве сварок токоподводы недопустимо загрязняются, и при термообработке неравномерность нагрева ленты вдоль стыка может достигать 120°. В этом случае термообработка, выполненная в соответствии с показаниями пирометра, сможет обеспечить получение необходимых механических свойств металла только для участка, где проводились измерения. Для остальных участков металла такой режим термообработки не подходит, поэтому качество получаемых соединений будет неудовлетворительным. Чтобы этого не происходило, производитель рекомендует снимать токоподводящие губки с машины и производить их шлифовку на шлифовальном станке через каждые 10–20 сварок (в зависимости от ширины свариваемых

лент). Что же делать? Как вести термообработку? По мнению авторов наиболее рационально выполнять термообработку вручную, визуально оценивая усредненную температуру стыка. При этом оператор-сварщик в зависимости от неравномерности нагрева может корректировать как температуру, так и длительность нагрева зоны термообработки. Естественно, неравномерность нагрева не должна быть большой, токоподводы необходимо шлифовать чаще. Практика показала, что в процессе обучения сварщик достигает приемлемой квалификации уже в течение первого дня обучения.

К недостаткам рассмотренных сварочных машин можно отнести следующее:

- Стремление разработчиков обеспечить устойчивость процесса оплавления путем повышения запаса электрической мощности и снижения сопротивления короткого замыкания сварочного контура машины приводит к использованию сварочных трансформаторов неоправданно высокой мощности.
- При случайном нарушении устойчивого оплавления с переходом на нагрев сопротивлением подвижный зажим продолжает перемещаться со скоростью, предусмотренной для процесса оплавления. Это затягивает время восстановления устойчивого оплавления при значительно увеличенных значениях силы тока сварки и приводит к перегреву металла в зоне соединения.
- Расположение зажимов лент, несимметричное по отношению к оси сварочного трансформатора, не обеспечивает равномерный их нагрев при термообработке.

Таблица. Технические данные машин «Чайка» для контактной стыковой сварки оплавлением

Параметр	МКССО–40	МКССО–60	МКССО–60Б	МКССО–80
Первичное напряжение сети, В	380	380	380	380
Максимальная сила первичного тока (при сварке), А	10	15	15	20
Ширина/толщина свариваемых лент, мм	10–40 / 0,6–1,3	20–60 / 0,7–1,3	10–60 / 0,6–1,3	30–80 / 0,8–1,2
Диаметры свариваемых стержней из низкоуглеродистых сталей, мм	1,0–8,0	1,5–9,0	1,5–9,0	3,5–12,0
Количество сварок (лент) в час	30–40	30–40	30–40	10–40
Время сварки, с	0,9–2,0	1,0–2,0	1,0–2,2	1,5–2,5
Напряжение сварки, В	2,8–3,2	2,8–3,4	2,8–3,4	2,9–3,8
Охлаждение	Водяное, автономное			
Усилие осадки, Н	200–400	200–700	200–700	400–1200
Регулировка термообработки	Плавная			
Габаритные размеры, мм	280×540×430	280×540×430	280×540×430	280×540×430
Масса, кг	105	105	105	125

- Большая масса подвижных зажимов обуславливает малую скорость их перемещения (особенно при сварке деталей меньших сечений) и соответственно низкое качество сварки.
- Процесс оплавления сопровождается выделением большого количества частиц металла в виде брызг, пыли и аэрозоли. Поэтому во всех сварочных машинах чрезвычайно уязвимы подшипники каретки подвижного зажима и поверхности медных токоподводящих губок.
- Для шлифовки токоподводы необходимо снимать со сварочной машины.

Из вышеизложенного ясно, что существующие сварочные машины исчерпали свои возможности по улучшению свойств сварных соединений. Поэтому была разработана и внедрена в производство серия машин для стыковой сварки оплавлением нового поколения (*таблица*). В данных машинах отсутствуют перечисленные недостатки. Машины имеют малую массу подвижных частей, обеспечивают высокую скорость осадки при сварке как малых, так и больших сечений.

Основные особенности разработанных машин следующие:

1. Привод оплавления пружинно-гидравлический с регулируемой скоростью оплавления (без гидростанции).
2. Привод осадки пружинный с динамической регулировкой усилия в стыке непосредственно в процессе осадки.
3. Конструкция машины выполнена с таким расчетом, чтобы обеспечить максимальную скорость при соединении (смыкании) торцов в процессе осадки при сварке деталей всех сечений, на всех режимах сварки.
4. Зажимы лент раскрываются таким образом, что обеспечивают полный доступ к



токоподводящим губкам для их очистки после каждой сварки.

5. Взвод силовой пружины, управление циклом сварки, регулировка температуры при термообработке, т. е. полное управление машиной осуществляется одним рычагом (нет кнопок управления).

6. Трансформатор сконструирован с учетом обеспечения устойчивого оплавления при минимальном запасе мощности, потери мощности от магнитных потоков рассеяния вторичного витка сведены к минимуму.

Разработанное оборудование запатентовано и сертифицировано, имеет высокую надежность и обеспечивает стабильное качество сварных соединений как прутков и проволок, так и ленточных пил. В процессе эксплуатации сварочной машины МКССО–60Б (*рис. 4*) установлено, что процент брака при сварке биметаллических пил фирмы Fenex, Bahco и Eberle по сравнению со сваркой на машине BAS–050 снизился в четыре раза и составил 0,5%.

• #920

Рис. 4. Машина МКССО–60Б «Чайка» для контактной стыковой сварки оплавлением

## Вниманию читателей!

Новые справочные пособия  
издательства «Экотехнология»

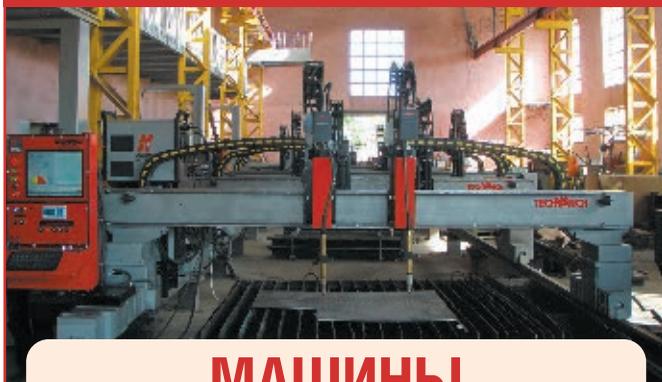
Обеспечение конкурентоспособности продукции сварочного производства требует повышения ее качества и снижения себестоимости, а следовательно, эффективного использования всех видов ресурсов. Для снижения производственных затрат при использовании широко распространенных технологических процессов важную роль играет не только повышение производительности труда рабочих, но и совершенствование методик нормирования расходных материалов, составляющих до 40% технологической себестоимости. Применение современных нормативов расхода сварочных материалов является важнейшим способом повышения рентабельности сварочного производства.

Издательство «Экотехнология» в III кв. 2008 г. выпустило серию справочных пособий, подготовленных ведущими специалистами Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины:

1. **Нормирование расхода покрытых электродов при ручной дуговой сварке и наплавке (68 с.).**
2. **Нормирование расхода сварочных материалов при сварке в углекислом газе и его смесях (68 с.).**
3. **Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом (40 с.).**
4. **Нормирование расхода материалов при термической резке (16 с.).**

Стоимость комплекта (4 пособия) — 100 грн. (с учетом стоимости доставки). Справочные пособия можно заказать в издательстве «Экотехнология» по адресу: 03150 Киев, ул. Горького, 66 или по тел./ф. (044) 287–6502.

От сложных комплексов «под ключ»  
до недорогих машин для предпринимателей



## МАШИНЫ

для газокислородной и плазменной резки  
листового металла с ЧПУ

- ПРОИЗВОДСТВО и сервис
- Оригинальные расходные материалы для плазменных систем компании «HYPERTHERM» (USA) и запасные части

### НПП «Техмаш»

ул. Промышленная, 14, г. Одесса, Украина, 65031  
Тел.: +380 (48) 778-17-45, 778-17-38  
Факс: +380 (48) 728-06-08, 778-08-90  
marketing@techmach.com.ua  
http://www.techmach.com.ua



## Сварочные материалы:

электроды, сварочные проволоки  
сплошного сечения Св-08Г2С  
и порошковые Megafil  
производства ООО «Арксел»

Сварочные электроды специального назначения для сварки коррозионно-стойких, теплоустойчивых сталей, для наплавки, сварки чугуна и меди. Ассортимент электродов — более 40 позиций.

Сварочные проволоки изготовлены с использованием низководородной волочильной смазки с ингибитором коррозии, специально обработаны для усреднения остаточной деформации в поперечном сечении и по длине проволоки, намотаны на прецизионных станках с укладкой виток к витку.

Сертификация продукции:  
Lloyd Register, Dey Norske Veritas,  
Germanischer Lloyd, Российский  
Морской Регистр Судоходства.

Возможно производство сварочных материалов по индивидуальному заказу при крупном объеме закупки.



### ООО «АРКСЭЛ»

Украина, 83017,  
г. Донецк,  
пер. Вятский, 2 Б  
тел.: (062) 332-26-52  
312-76-60  
312-76-97  
332-26-50,  
факс: (062) 332-26-51  
E-mail:  
arcsel@arcsel.com.ua  
www.arcsel.com.ua

**POWER MAN®**  
СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Новое поколение аппаратов из Ю. Кореи.  
Лёгкие, мощные и надёжные...  
Для сварки постоянным током всех видов  
металлов и любыми электродами.

**ROYAKS KOREA** (495) 229-37-37, 443-10-97  
WWW.ROYAKS.RU

**WELDOTHERM®**  
G.M.B.H. ESSEN

- Установки для термообработки сварных соединений серии VAST™, Standard™, Standard Europa™.
- Высокоскоростные газовые горелки для проведения объемной термической обработки сосудов целиком.
- Инфракрасные газовые и электрические нагреватели.
- Печи в ассортименте.
- Расходные материалы в ассортименте (изоляция, нагревательные элементы, приборы контроля температуры и т. д.)
- Сдача установок для термообработки сварных соединений в аренду.
- Услуги по термообработке.
- Гарантийное и послегарантийное обслуживание оборудования.

**Оборудование для термической обработки из Эссена**  
«Ваш партнер для проведения термообработки»

**ООО «Велдотерм-Украина»**  
Филиал Weldom® GmbH Essen, Германия

Украина, 77311, Ивано-Франковская обл., г. Калуш-11, а/я 18  
Т./ф. (03472) 6-03-30. E-mail: weldom@kl.if.ukrtel.net  
www.weldom.if.ua



# JSC «ANYKSCIU VARIS»

Единственный производитель сварочных электродов общего и специального назначения в Прибалтике.

Мы готовы предложить украинским потребителям продукт европейского качества и пригласить к сотрудничеству потенциальных украинских партнеров.



JSC  
«ANYKSCIU  
VARIS»

ул. Вайрутою, 10  
29107 Аникщй

Литва

т.: (370 381) 58798

54452

ф.: (370 381) 51033

e-mail: info@varis.lt

komercija@varis.lt

http://www.varis.lt

Официальный  
импортер

ООО «СВ Технология»

21034 г. Винница,

ул. Лебединского, 15

тел. (0432) 27-54-60

тел./факс 27-75-03

E-mail: svweld@svitonline.com

www.svweld.com.ua

Б. Е. Патон, И. И. Заруба,  
В. В. Дыменко, А. Ф. Шатан

СВАРОЧНЫЕ  
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ  
С ИМПУЛЬСНОЙ  
СТАБИЛИЗАЦИЕЙ  
ГОРЕНИЯ ДУГИ

Г. И. Лащенко,  
Ю. В. Демченко

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
ПОСЛЕСВАРОЧНОЙ  
ОБРАБОТКИ  
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

**Б. Е. Патон, И. И. Заруба, В. В. Дыменко, А. Ф. Шатан.**  
Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. – 2008. – 248 с.

Посвящена проблемам электродуговой сварки переменным током. Рассмотрены свойства и устойчивость сварочных дуг переменного тока, а также особенности устройств, стабилизирующих горение этих дуг. Описаны технологические свойства источников питания с этими устройствами.

**Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко.** Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. – 2008. – 168 с.

Рассмотрены промышленные энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций, пути снижения энергозатрат при их отпуске. Освещены технологические особенности аргодуговой обработки и обработки поверхностным пластическим деформированием.

Украина, 03150 Киев, а/я 52 E-mail: welder@welder.kiev.ua

## ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

ПРЕДЛАГАЕТ

ИЗДАТЕЛЬСТВО

Тел. +380 44 529 8651

Тел./факс +380 44 287 6502

**А. Г. Потальевский.** Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. – 2007. – 192 с.

Описаны современные способы сварки в защитных газах плавящимся электродом, особенности горения дуги, виды переноса электродного металла и управление процессами сварки. Даны рекомендации по выбору электродной проволоки, сведения о системах обеспечения защитными газами.

**П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев.**

Плазменная наплавка. – 2007. – 292 с.

Рассмотрены основные способы плазменной наплавки. Особое внимание уделено плазменно-порошковой наплавке. Приведены требования к наплавочным порошкам, методика выбора режимов, сведения об оборудовании, рассмотрены конструкции основных узлов установок и их характеристики.

А. Г. Потальевский

СВАРКА  
В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ  
ПЛАВЯЩИМСЯ  
ЭЛЕКТРОДОМ

Часть 1. СВАРКА В АКТИВНЫХ ГАЗАХ



П. В. Гладкий,  
Е. Ф. Переплетчиков,  
И. А. Рябцев

ПЛАЗМЕННАЯ  
НАПЛАВКА



# Ручные, переносные и передвижные машины для разделки кромок листов конструкционных материалов

**А. А. Кайдалов**, д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,  
**F. Kolenic**, PhD, Prva Zvaracka a. s. (Братислава, Словацкая Республика)

При дуговой сварке металлов толщиной более 5 мм, как правило, необходима специальная разделка кромок соединяемых листов. Такую разделку выполняют как для стыковых, так и для угловых и тавровых соединений. При подготовке к сварке деталей или заготовок небольших размеров особенно при монтаже или в полевых условиях используют переносные и ручные машины для разделки кромок. Существуют три класса машин для разделки кромок листов или плоских заготовок конструкционных материалов: машины струйной резки (в основном для низколегированных сталей), кромкофрезерные и кромкоскалывающие машины (для сталей с пределом текучести до 900 Н/мм<sup>2</sup>, цветных металлов и сплавов, твердых полимеров). В данной статье описаны машины всех классов, имеющиеся на рынках Европы и СНГ, что позволит специалистам сварочного производства осуществлять более объективный выбор данного вида оборудования.

два резака. Для разделки кромок с помощью одного резака существуют компьютерные программы (например, FastCAM® Bevel™ фирмы FastCAM Inc., США), позволяющие оптимизировать процесс разделки и обеспечить более высокую точность формы. Переносные машины используют для разделки кромок толстолистовых сталей в основном на заготовительных участках, где уже имеется газовая резка или сварка. В Украине переносные машины струйной резки производят четыре предприятия: опытный завод сварочного оборудования Института электросварки им. Е. О. Патона (Киев), завод автогенного оборудования «ДОНМЕТ» (Краматорск Донецкой обл.), АО «Эффект» (Одесса), НПП «Кристалл Сервис+» (Николаев).

**Машины струйной резки, производимые в Украине.** Формирование разделок кромок на листах металла с помощью струйной (в основном кислородной) резки показано на рис. 1. Чтобы обеспечить такие формы разделки кромок, применяют одновременно резку двумя или тремя резаками или выполняют последовательно резку одним резаком с разными наклонами. Переносные машины струйной резки имеют, как правило, один или

Опытный завод сварочного оборудования Института электросварки им. Е. О. Патона выпускает переносную машину для механизированной кислородной или плазменной резки кромок листовой стали и стальных изделий цилиндрической формы. Она состоит из ходовой тележки с узлом корректоров, блока питания и пульт-ручки. Все детали малогабаритные. Ходовая тележка удерживается в рабочей зоне без

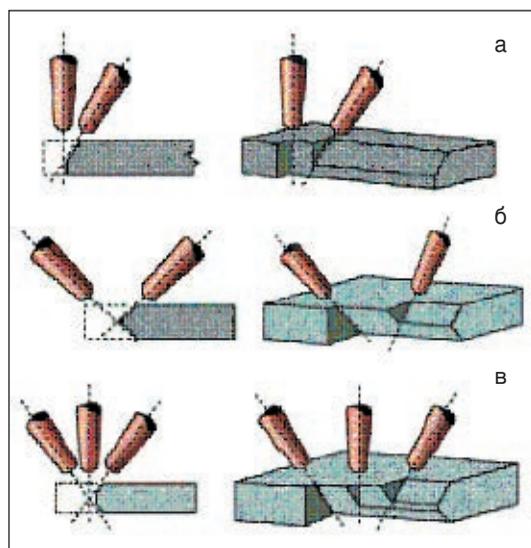


Рис. 1. Схема формирования разделок кромок листового металла струйной резкой: а — V- и Y-образные кромки; б — X-образные кромки; в — K-образные кромки

### Техническая характеристика машины для кислородной или плазменной резки кромок стальных листов:

Скорость резки, мм/мин	170–500
Угол скоса кромок, ... °	10–50
Толщина обрабатываемых листов, мм	6–30
Минимальный диаметр обрабатываемых труб, мм	500
Мощность источника питания, кВт	0,5
Напряжение однофазной питающей сети, В	220
Габаритные размеры, мм:	
ходовой тележки	350×300×350
источника питания	150×150×150
Масса, кг:	
ходовой тележки	11
источника питания	3

Таблица 1. Техническая характеристика переносных газорезательных машин

Модель	Толщина реза, мм	Скорость резки, мм/мин	Угол скоса кромок, ... °, наибольший		Потребляемая мощность, Вт	Масса, кг	
			от вертикали	от горизонтали (при снятии фасок)		ходовой части	источника питания
«ДОНМЕТ 974»	5–300	70–950	60	25	120	12,5 или 18,5	3,73
«Смена–Эффект»	3–200, 200–400	50–1600	60	25	100	19 или 23,5	3,7
«Смена–2М»	1,5–300	50–1600	60	25	50	17	3

каких-либо дополнительных направляющих устройств. Для выполнения резки машину устанавливают непосредственно на обрабатываемую кромку и закрепляют роликами, охватывающими боковые поверхности изделия. Точность обработки обеспечивают приспособлением, копирующим торцевую поверхность изделия. Управление резкой (включение-выключение, регулировка рабочей скорости) осуществляют дистанционно пультом-ручкой. Конструкция машины позволяет выполнять строжку в любом пространственном положении.

Переносная газорезательная машина «ДОНМЕТ 974» (рис. 2, а, табл. 1) производства завода автогенного оборудования «ДОНМЕТ» предназначена для прямолинейной кислородной резки листов низкоуглеродистой стали. Она обеспечивает подготовку кромок для сварки за один проход одним или двумя резаками, а также вырезку полос. Направляющую на магнитных стойках можно устанавливать как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. В качестве прямолинейной направляющей используют необработанный уголок сечением 50×50 мм.

Переносные газорезательные машины «Смена-Эффект» (АО «Эффект»; рис. 2, б, табл. 1) и «Смена-2М» (НПП «Кристалл Сервис+»; рис. 2, в, табл. 1) предназначены для кислородной и кислородно-флюсовой резки углеродистых и легированных листовых сталей с разделкой кромок. Машины состоят из ходовой части, резаков, приспособлений для резки по окружности, резки фасок и копирования.

Таким образом, машины струйной резки разных производителей очень близки по техническим характеристикам, простоте конструкции. Основа конкуренции — эргономика и цена.

**Кромкофрезерные машины.** Механическая обработка кромок практически всегда предпочтительней, так как при этом не изменяются физические и химические свойства материалов в зоне обработки. Кроме того, она более безопасна для окружающей

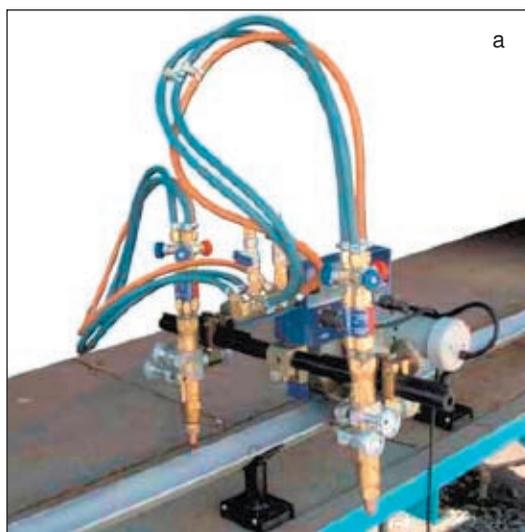


Рис. 2. Переносные газорезательные машины: а — «ДОНМЕТ 974»; б — «Смена-Эффект»; в — «Смена-2М»

Таблица 2. Техническая характеристика ручных и настольных кромкофрезерных машин

Модель	Угол ско-са кро-мок, ... °	Максималь-ная ширина фаски, мм	Скорость вращения фрезы, мин <sup>-1</sup>	Потребля-емая мощ-ность, кВт	Масса, кг, не более	Габаритные размеры, мм	Изготовитель, город, страна
МКФ-18Р	15-60	18	2850	1,1	25	500×340×320	Электромашиностроитель-ный завод «Фирма СЭЛМА», Симферополь, Украина
МКФП-6	45	6	2820	1,1	20	420×330×305	ООО «Фирма Ментал», С.-Петербург, Россия
МКФП-20	45-75	20					
МЭК-20	0-30 или 45-75	20	н/д	н/д	19,5	420×330×305	«Судомеханический завод», С.-Петербург, Россия
SKF-20	15-60	15	2850	1,1	22	420×330×300	«BDS Maschinen GmbH», Monchengladbach, ФРГ
EKF 300/450	30; 45	8	6000	1,5	4,6	310×138×295	
SKF 63-15	30-60	15	2870	1,1	20,5	440×200×280	«Alfred Raith GmbH», Hockenheim, ФРГ
Gerima-SKF 3012	30; 45; 60	7	2500-7500	1,4	8,0	н/д	«Alme-Gerima GmbH», Sankt Wendel, ФРГ
Gerima-SKF 3015 R-TF	10-80	8	2500-7500	1,5	5,5	н/д	
Gerima-SKF 3020R	10-80	15	2400-7300	2,0	9,0	н/д	
Gerima-SKF 3030	15-60	20	2820	1,1	22	н/д	
Gerima-KST 15-100	0-80	30	2500-7500	1,5	6,0	н/д	
Gerima-KS 15-125	0-60	20	7500	1,5	7,5	н/д	
Gerima-KS 25-178	0-60	40	8500	2,5	11,5	н/д	
HB-15B	15-45	16	3340	0,91	15	н/д	«Nitto Kohki USA», Turnberry Drive Hanover Park, Иллинойс, США
LKF200	15-60	20	2850	1,1	22	420×330×300	«Euroboor», Zoetermeer, Нидерланды
LKF300, LKF450	30; 45	8	6000	1,5	4,8	310×138×295	
MF550E	45	2	27000	0,32	2,7	200×80×280	«OMCA s. r. l.», Cavriago, Италия
MF550A/C	45	2	22000	Пневмо	2,7	200×80×280	
MF400	30-45	5,5	2900	0,5	22	400×300×250	
MF650A	45	10	2900	Пневмо	52	500×500×350	
MF650L	15-45	10	2900	Пневмо	52		
MF650A/S	15-45	10	2900	Пневмо	52		
MF650L/S	15-45	10	2900	Пневмо	52		
MF810	45	10	0-6000	Пневмо	57	570×400×400	
MF760M	15-45	21	2900	1,3	13	250×250×370	
MF700M	15-45	5,5	2900	0,37	11	250×250×370	
CMF900	15-45	40	750	2,5	85	Направляющая: 400×150	
EMB-0307A	15-45	9,9	11000	1,02	4	140×150×400	«Castellanos y Echevarria-Vitoria, S. A.» или сокращенно «CEVISA», Vitoria, Испания
ECB-0203	45	2,8	10000	1,02	2,5	120×160×350	
AMBL-0307	15-45	9,9	14000	Пневмо	2,9	120×130×340	
CB-02	45	2,8	13000	Пневмо	1,8	130×160×360	
5000	15-45	8	н/д	1,47	8,6	200*	«Heck Industries Inc.», Baton Rouge, штат Луизиана, США; патенты США 5522684 и 5423642
7000	15-45	9,5	н/д	0,37	11,8	200*	
8000	15-45	20,6	н/д	0,74	16,3	200*	
9000	15-45	32	н/д	1,1	24	219*	
PBM 2000	30-60	20	н/д	1,7	19,05	420×330×305	«Bug-O Systems», Canonsburg, Пенсильвания, США
BM20	15-60	19	3450	1,7	19	330×317×457	«Jancy Engineering Inc.», Davenport, Айова, США

Примечания. Модели, указанные в ячейках с розовой заливкой, являются настольными; н/д – нет данных; \* – длина V-блока.

среды и обеспечивает точное соответствие получаемой кромки требованиям технической документации.

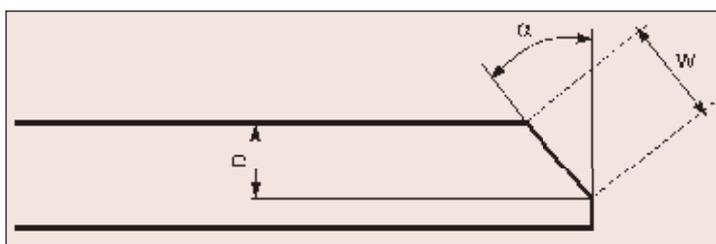
Ручные кромкофрезерные машины применяют для снятия плоской (рис. 3) и закругленной фаски с кромки металлических листов, швеллеров, двутавровых балок, внешнего и внутреннего края труб и других криволинейных поверхностей при подготовке к последующей сварке. В табл. 2 приведены технические данные наиболее распространенных в Европе и США ручных и настольных фрезерных кромкорезов. Конструкция кромкофрезерных машин различных фирм практически одинакова: электродвигатель напрямую связан с насадной фрезой, оснащенной четырехгранными или трехгранными сменными режущими пластинами. Одного комплекта режущих пластин для разных машин хватает для снятия фаски на длине от 600 до 2000 м. Кромкорезы могут иметь одну или две фрезерные головки. Скорость снятия фаски выбирают в диапазоне от 1,5 до 3 м/мин в зависимости от марки обрабатываемого материала, его твердости, высоты, угла и глубины фаски.

Ручную кромкофрезерную машину располагают таким образом, чтобы горизонтальная направляющая находилась на прилегающей к торцу поверхности листа обрабатываемого материала, а вертикальная направляющая — на торце листа. Машину перемещают вдоль кромки вручную. Наличие роликов облегчает движение по поверхности листа и позволяет производить обработку торца при незначительном усилии. Кромкофрезерные машины массой до 13 кг можно применять непосредственно при ручном труде, а при большей массе для улучшения условий работы оператора желательно использовать балансирующие подвесы. Внешний вид некоторых моделей машин представлен на рис. 4.

Фирма «Gullco International Ltd» (Newmarket, США) выпускает передвижные ма-

Таблица 3. Краткая техническая характеристика кромкофрезерных машин фирмы «TRUMPF GmbH + Co. KG»

Модель	Толщина обрабатываемого листа, мм	Масса, кг	Примечание
TKF 700	1–20	5,4	–
TKF 104	3–25	12,8	–
TKF 1100	3–25	9,9	–
TKF 1500	4–160	16,5	–
TKF 1500 Plus	4–160	19,5	Оснащена второй передачей для оптимальных условий обработки высокоуглеродистых и нержавеющей сталей
TKF 1500–2 SPro	4–160	20	Оснащена системой автоматической подачи SPro



шины КВМ–18, КВМ–18U, КВМ–28 и КВМ–28U для снятия фаски на листах из углеродистых и нержавеющей сталей и алюминиевых сплавов толщиной 6–38,1 мм. Машин с индексом U позволяют снимать фаску и на нижней стороне листа. Скорость обработки равна 3 м/мин для машины КВМ–18 и 2 м/мин для машины КВМ–28. Машин, несмотря на большую массу (масса машины КВМ–18 154 кг), обслуживает один оператор.

Кромкорезы серии TKF (табл. 3) фирмы «Trumpf GmbH + Co. KG» (Ditzingen, ФРГ) предназначены для снятия фаски на плоских листах, заготовках со сгибами и трубах из алюминиевых сплавов, черных металлов, хромированных и нержавеющей сталей. Кромкорезы поставляют как с электро-, так и с пневмоприводом. Снимать фаску можно в направлении «вперед и назад», начать и закончить обработку можно в любом месте

Рис. 3. Схема плоской фаски: α — угол скоса кромки; W — ширина фаски; D — глубина фаски

Рис. 4. Типичные модели ручных кромкорезов: а — МКФ–18Р; б — 9000; в — LKF-450; г — фрезерные головки к LKF-450

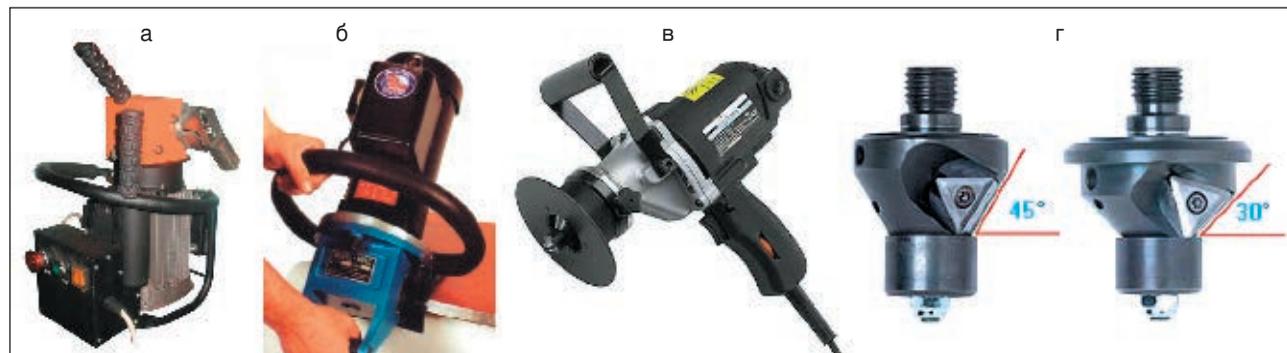


Таблица 4. Техническая характеристика кромкофрезерных машин ТКА

Модель	Ширина/глубина фаски, мм, для стали с пределом текучести, Н/мм <sup>2</sup>			Скорость обработки, м/мин	Потребляемая мощность, кВт	Масса, кг
	400	600	800			
ТКА 300	3 / 2,2	1,5 / 1	1 / 0,7	4–6	0,85	3,0
ТКА 500	3,5 / 5	1,7 / 2,5	1 / 1,5	4–6	1,4	3,5

на кромке листа. Машины можно устанавливать в «нормальном» положении (инструментальная рама под кромкорезом) или в «перевернутом» (инструментальная рама над кромкорезом). Это облегчает обработку при подготовке кромок для Х- и К-образных стыковых соединений.

Легкие ручные машины серии ТКА (табл. 4) для снятия небольших фасок под углом 45°, скругления граней и зачистки заусенцев на плоских заготовках и трубах диаметром более 40 мм можно фиксировать на заготовке в любой точке кромки. Они имеют регулируемую скорость вращения фрезы с режущими вставками, а также низкий уровень шума и вибрации.

Как видно, производители предлагают широкий выбор кромкофрезерных машин по техническим характеристикам и назначению. Критериями окончательного выбора модели машины должны быть надежность и наличие технического сервиса в регионе.

**Кромкоскальвающие машины.** Режущий инструмент этих машин работает по принципу долбежного резца. Поверхность фаски имеет относительно грубую неровную форму (рис. 5). Поэтому торцевание с помощью таких машин подходит не для всех видов сварки встык без разделки кромок и без подачи присадочных материалов. Не всегда это подходит и для некоторых видов сварки в узкий зазор. Снятие фаски кромкоскальванием следует выполнять непосредственно перед сваркой, так как при загрязнении или окислении сложно очистить поверхность кромок, да и операция

Рис. 5. Выполнение кромкоскальвания

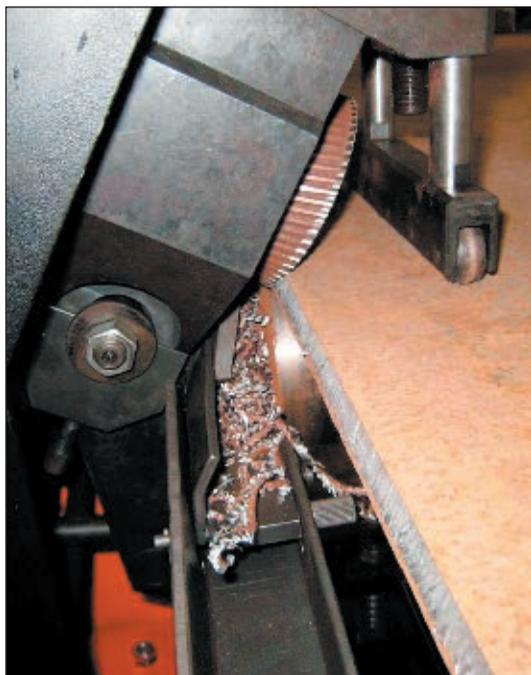


Рис. 6. Типичные модели кромкоскальвающих машин: а — СНР12G; б — Challenge 26; в — МКС-18У



Таблица 5. Техническая характеристика кромкоскальвающих машин

Модель	Максимальная ширина фаски, мм	Угол скоса кромки, ... °	Толщина обрабатываемого листа, мм	Скорость обработки, м/мин	Напряжение, В	Потребляемая мощность, кВт	Масса, кг	Изготовитель, город, страна
МКС-18У	18	22,5; 30; 37,5; 45; 55	6-38	3	380, 3 фазы	1,4	140	«Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА», Симферополь, Украина
МКС-21У	21		6,3-38	1,8		1,8	220	
Challenge 15	20	22,5-55	4-40	3		0,8	104	«G.B.C. Industrial Tools s.p.a.», Torbiato Di Adro, Италия
Challenge 26	35	22,5-55	8-50	3,2		3,1	340	
СНР-21G	21	22-45	9-50	1,8		4	370	«Castellanos y Echevarria-Vitoria, S.A.» или сокращенно «CEVISA», Vitoria, Испания
СНР-12G	12	22-45	6-30	2,6		3	110	
СНР-12	12	30 (стандартно), от 22,5 до 45, используя дополнительные устройства	6-40	2,6		3	65	
СНР-6	6	30 (стандартно), 22,5, 25, 35, 37,5, 45, используя дополнительные устройства	3-16	1,8		0,75	32	

Примечание. Двигатели машин СНР имеют защиту от перегрузок и термозащиту.

очистки требует дополнительных затрат рабочего времени и расходных материалов.

Все кромкоскальвающие машины (табл. 5) имеют автоматическую подачу за счет вращательного движения фрезы без дополнительного устройства (привода). Они передвижные (размещаются на подставках с колесами). Некоторыми машинами можно выполнять разделку кромок и на трубах диаметром более 160 мм. При обработке кромок заготовок из алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей применяют специальные фрезы.

Если необходимо снять фаску с двух сторон, машину переворачивают и запускают в обратном направлении. Тяжелые машины, например, СНР12G (рис. 6, а) и СНР21G, относятся к моделям «перевернутым». Используя комплект из двух машин моделей «нормальной» и «перевернутой», можно снимать фаску с двух сторон, избегая трудоемких манипуляций с заготовкой.

Машины серии «Challenge» (табл. 5, рис. 6, б) имеют две рабочие скорости, переднюю и обратную подачу, аварийный тормоз. Их можно использовать не только для разделки кромок на длинных и тяжелых, но и на небольших и легких заготовках. В этом случае машину снимают с колес и в зависимости от массы заготовки крепят или не крепят на постаменте. Заготовку подают в машину, фреза захватывает ее, протаскивает и одновременно фрезерует. На машинах «Challenge» можно обрабатывать все марки

сталей, включая нержавеющие, с пределом текучести до 900 Н/мм<sup>2</sup>, а также алюминиевые сплавы. Стоимость (по затратам на расходные материалы) одного погонного метра разделки кромок с катетом 10 мм и углом скоса 45° за один проход на данных машинах равна 0,13 долл. США. Они потребляют меньше электроэнергии и являются наиболее производительными. По сравнению со стоимостью абразивной обработки экономическая эффективность обработки кромки с применением кромкоскальвающих машин «Challenge» составляет 400%.

**Сравнение кромкофрезерных и кромкоскальвающих машин.** У кромкофрезерных машин больше, чем у кромкоскальвающих максимальная высота фаски, снимаемой за один проход, (рекомендованная глубина фрезерования за один проход составляет обычно 4 мм) и меньшая шероховатость обработанной поверхности. Имеется много легких моделей кромкофрезерных машин для ручного труда, чего нет у кромкоскальвающих машин, — они все передвижные. Кромкофрезерные машины можно также применять для скругления граней и зачистки заусенцев, что невозможно делать с помощью кромкоскальвающих машин. Недостатками кромкофрезерных машин являются применение их для разделки кромок только на прямолинейных и с небольшой кривизной кромки деталях и несколько более высокая себестоимость обработки единицы длины кромки. ● #921



## АББ - сердце робототехники

Робототехнические комплексы для дуговой сварки

Робототехнические комплексы для контактной сварки



Роботизация всего производственного цикла

Роботизированные заводы "без людей"

АББ Лтд  
Украина, 03680, Киев-67  
бул. И. Лепсе, 4  
тел. +380 44 495 22 11  
факс. +380 44 495 22 10  
e-mail: robotics@ua.abb.com  
www.abb.ua



## СВАРКОНТАКТ

официальный дистрибьютор  
компании Lincoln Electric Europe

источники тока серии Invertec, Powertec, STT, Power Wave

полуавтоматические и автоматические механизмы подачи проволоки

сварочные агрегаты

**LINCOLN ELECTRIC** системы плазменной резки

сварка под флюсом

экологические системы



т./ф.: 8 (057) 719-24-45, 751-86-27

www.svarkontakt.com.ua info@svarkontakt.com.ua  
61010, г. Харьков, въезд Ващенкоовский, 16-А



## Днепрометиз

Группа предприятий «Северсталь-метиз»

ОАО «Днепрометиз» - крупнейшее предприятие Украины в метизной отрасли, входит в международную группу производителей «Северсталь-метиз»

[www.dneprometiz.com.ua](http://www.dneprometiz.com.ua)

т/ф: +38 (0562) 35-81-50, 35-83-69, 35-15-97

Украина, 49081, г. Днепропетровск, пр. газеты «Правда», 20

**ПРОВОЛОКА:**  
сварочная Св-08 (А), Св-08Г2С  
Вр-1 для армирования ЖБК  
общего назначения без покрытия  
термообработанная черная  
оцинкованная  
колючая

**СЕТКИ:**  
плетеные  
сварные  
рифленные

**ЭЛЕКТРОДЫ:**  
МР-3  
АНО-4  
АНО-36  
АНО-21  
УОНИ

**ГВОЗДИ  
БОЛТЫ  
ГАЙКИ**



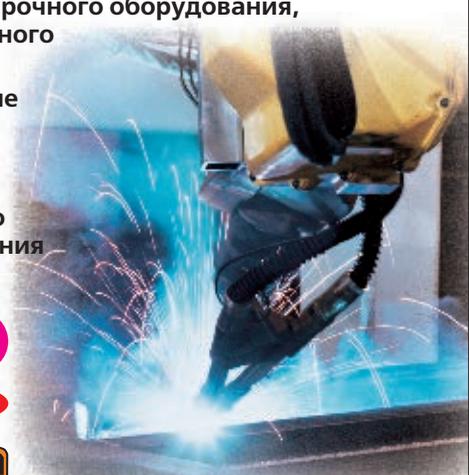
С 1992 г. на рынке сварочного оборудования Украины



## предприятие «Триада-Сварка»

г. Запорожье

- Разработка и поставка автоматизированных сварочных комплексов
- Технологическое обеспечение и полная комплектация сварочных производств
- Ремонт сварочного оборудования, в т. ч. сложного
- Пуско-наладочные работы
- Широкий выбор сварочного оборудования



ABICOR  
BINZEL

Fronius

SELMA

тел. (061) 233 1058, (0612) 34 3623,  
(061) 2132269, 220 0079 e-mail: weld@triada.zp.ua  
Сервисный центр (061) 270 2939. [www.triada-weld.com.ua](http://www.triada-weld.com.ua)



ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ.

# ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

Официальный дистрибьютор  
Опытного завода сварочного оборудования ИЭС им. Е.О. Патона,  
Опытного завода сварочных материалов ИЭС им. Е.О. Патона

## Современное сварочное оборудование

для сварки стальных конструкций  
в промышленном и гражданском строительстве:

- трансформаторы СТШ-250, СТШ-252, СТШ-256, а также СТШ-252СГД, СТШ-256СГД, СТШ-315СГД со встроенным стабилизатором дуги УСГД-7М;
- выпрямители ВД-250, ВД-310 (модернизированный), ВД-500.

## Покрытые электроды

для сварки стальных конструкций  
в промышленном и гражданском  
строительстве:

- покрытые электроды марок АНО-21У, АНО-4, МР-3 для сварки переменным током низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву до 450 МПа;
- покрытые электроды марки УОНИ 13/55 с улучшенными характеристиками для сварки постоянным и переменным током (от трансформаторов типа СТШ-СГД) низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа и стержней арматуры сборных железобетонных конструкций из стали классов А-II, А-III.

Электроды упакованы в картонные коробки и герметичные полимерные пакеты.

*Сварочные электроды торговой марки «Патон» — это стабильное качество и высокая производительность сварки.*

Киев, 03150, ул. Антоновича (Горького), 62  
т./ф. +380 44 287-2716, 200-8056 (многоканальный)  
eqiur@et.ua, comeco@svitonline.com

WWW.ET.UA

# О природе прожога тонколистовых соединений при сварке

В. Я. Шнеерсон, канд. техн. наук (Саратов)

Стандарты (ГОСТ 2601) определяют прожог как дефект в виде сквозного отверстия в сварном шве, образовавшегося в результате вытекания части металла. При сварке металла малой толщины прожог является одним из самых распространенных дефектов шва. Для обеспечения нормального формирования шва при сварке с полным проплавлением на весу необходимо точно соблюдать режим сварки.

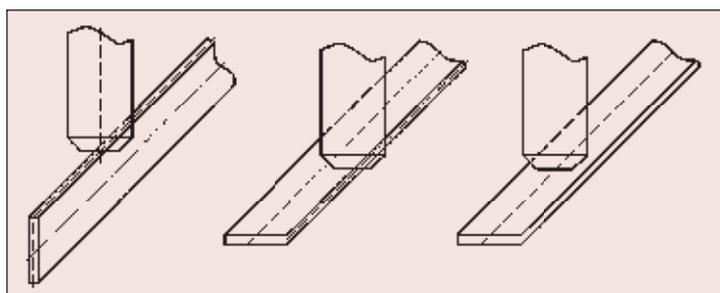


Рис. 1. Схема проведения опытов по оплавлению полосы и проплавлению ее середины

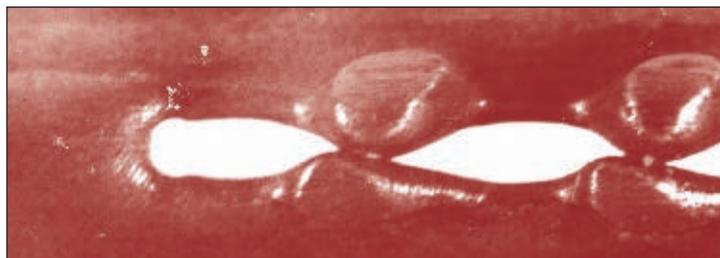
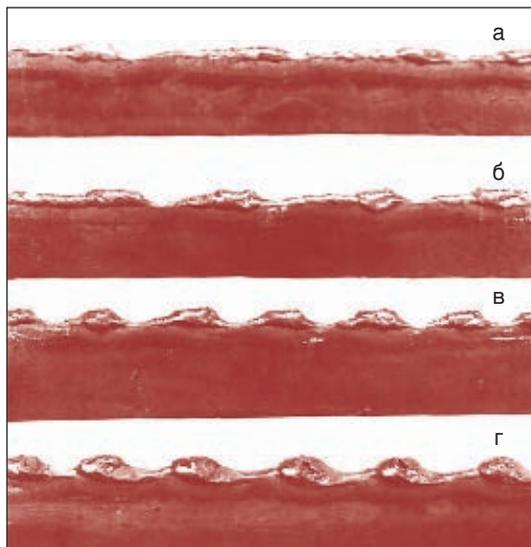


Рис. 2. Формирование периодического прожога на низкоуглеродистой стали толщиной 1,0 мм при скорости сварки 0,6 см/с (слева — сила тока дуги 32 А, справа — 38 А);  $\times 4$

Рис. 3. Изменение длины волны в зависимости от силы тока при оплавлении торца образца: а — сила тока 44 А; б — 50 А; в — 55 А; г — 60 А (сталь 1,8 мм, скорость перемещения образца 0,3 см/с);  $\times 1:1$



В процессе исследований механизма появления прожогов рассмотрены различные модели формирования сварных швов для определения формы и размеров равновесной поверхности жидкой фазы при сварке плавлением с применением вариационно-энергетического подхода с учетом силы тяжести и давления дуги. При достижении определенных размеров сварочная ванна уже не может удерживаться силами поверхностного натяжения и при незначительных возмущениях теряет свою устойчивость, в результате происходит ее необратимая деформация с вытеканием металла из ее хвостовой части. Кроме оценки устойчивости сварочной ванны по ее размерам, определяли устойчивость и по критической массе. Установлено, что прожог вызывает высокое давление в центре дуги, которое приводит к утонению и разрыву жидкой прослойки. Вероятность образования прожога определяет также качество сборки деталей для сварки.

Для предотвращения появления прожогов предлагают специальные приемы: наложение дополнительных электромагнитных полей, применение флюсовой подушки, использование поперечных колебаний электрода и другие методы воздействия на сварочную ванну. Однако эти меры не до конца предотвращают появление прожогов.

Для определения механизма образования прожогов были проведены опыты по оплавлению с помощью плазменной горелки края, торца и середины полосы из низкоуглеродистой стали толщиной 0,5–1,0 мм. Такая модель позволила исключить влияние качества сборки деталей для сварки на формирование проплавленного слоя (рис. 1).

Из сравнения полученных результатов по проплавлению середины полосы и ее края с результатами по оплавлению торца и края стальной пластины было установлено следующее. При заданных скорости перемещения образца и его толщине имеются режим формирования ровной поверхности слоя, режим волнового формирования при оплавлении торца и края полосы и режим формирования периодического прожога при проплавлении середины полосы. Пери-

Таблица 1. Зависимость длины  $\lambda$  и высоты  $h$  волны от скорости оплавления  $V_{св}$

$V_{св}, \text{ см/с}$	$\delta=0,6 \text{ мм}$			$\delta=1,0 \text{ мм}$			$\delta=1,8 \text{ мм}$		
	$I_{гр}, \text{ А}$	$\lambda, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$	$I_{гр}, \text{ А}$	$\lambda, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$	$I_{гр}, \text{ А}$	$\lambda, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$
0,33	16	4–5	0,6–0,8	27	8–12	1,6–1,8	51	10–14	2,5–3,0
0,60	20	4–5	0,6–0,8	33	8–12	1,4–1,6	66	10–14	2,0–2,2
1,00	23	4–5	0,6–0,8	40	8–12	1,0–1,2	85	10–14	1,8–2,0
1,61	27	4–5	0,5–0,7	52	8–12	0,8–1,0	100	10–14	1,8–2,0
2,82	32	4–5	0,5–0,7	70	8–12	0,8–1,0	145	10–14	1,3–1,5
4,50	39	4–5	0,5–0,7	90	8–12	0,6–0,8	180	10–14	1,3–1,5

Примечание. Приведены средние данные трех измерений.

Таблица 2. Зависимость длины  $\lambda$  и высоты  $h$  волны от диаметра  $D$  сопла плазматрона

$V_{св}, \text{ см/с}$	$D=2 \text{ мм}$			$D=3 \text{ мм}$			$D=5 \text{ мм}$		
	$I_{гр}, \text{ А}$	$\lambda, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$	$I_{гр}, \text{ А}$	$\lambda, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$	$I_{гр}, \text{ А}$	$\lambda, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$
0,33	21	3–4	0,6–0,8	24	5–8	1,0–1,2	27	8–12	1,6–1,8
0,60	27	3–4	0,6–0,8	30	5–8	1,0–1,2	33	8–12	1,4–1,6
1,00	28	3–4	0,4–0,6	36	5–8	0,8–1,0	40	8–12	1,0–1,2
1,61	34	3–4	0,4–0,6	45	5–8	0,8–1,0	52	8–12	0,8–1,0
2,82	43	3–4	0,4–0,6	65	5–8	0,6–0,8	70	8–12	0,8–1,0
4,50	—	3–4	—	80	5–8	0,4–0,6	90	8–12	0,6–0,8

одический прожог и волновое формирование торца («пила») могут быть отнесены к периодическим структурам сварного шва крупного масштаба — длина волны  $\lambda$  в зависимости от толщины металла  $\delta$  составляет 3–20 мм (рис. 2). Если соединить два образца с волновым формированием оплавленного слоя по вершинам волн, то может быть получена модель периодического прожога.

На рис. 3 показан участок сварного шва с периодическим прожогом в его правой части. Здесь отчетливо видны две периодические (волновые) структуры, образующиеся на каждой из двух свариваемых кромках и способствующие образованию прожога без вытекания жидкого металла.

Образование прожога зависит от соотношения максимальной силы тока  $I_{опт}$  при заданной скорости перемещения образца и его толщины, при которой еще сохраняется ровная поверхность оплавленного слоя металла, и минимальной силы тока  $I_{гр}$ , при которой волновая поверхность занимает весь торец образца (край полосы) или по всей длине полосы образуется периодический прожог (см. рис. 3).

Сопоставление двух видов периодических структур — периодического прожога и волновой поверхности при оплавлении торца — позволяет ввести количественную оценку размеров прожога. В качестве такой оценки может выступать величина шага периодичности (длина волны), расстояние между одноименными элементами периодической структуры, например, между вершинами волн при оплавлении торца, между точками слияния на вершинах волн двух волновых поверхностей (при периодическом прожоге), и высота (амплитуда) волны или ширина прожога.

В табл. 1 и 2 приведены размеры волны при оплавлении торца стальных пластин разной толщины и при разном сжатии дуги. Поскольку прожог — результат слияния двух волновых поверхностей, его размеры связаны с размерами этих волновых структур.

Длина волны и ее высота могут быть теоретически определены исходя из теории распада жидкой струи, а также из теории течения тонкого слоя вязкой жидкости. В работе (Шнеерсон В. Я. Формирование сварных швов отбортованных соединений // Автоматическая сварка. — 1979. — №2. — С. 5–9) впервые показано, что волновой режим формирования оплавленного слоя металла при оплавлении торца полосы реализуется при определенных значениях чисел Рейнольдса, соответствующих волновому режиму течения тонкого слоя жидкости. А так как оба вида периодических структур (волновой режим формирования торца и периодический прожог) взаимосвязаны, то можно утверждать, что прожог имеет гидродинамическую природу и является результатом образования волновых поверхностей на свариваемых кромках при определенных режимах течения жидкого металла сварочной ванны, а не следствием вытекания части металла ванны, как принято в существующей терминологии.

На основании результатов исследований предлагается ввести в терминологию дефектов сварных швов следующее определение прожога: **прожог** — дефект в виде сквозного отверстия в сварном шве, образованном в результате формирования волновой поверхности на одной или двух свариваемых кромках. Размеры прожога могут быть определены исходя из положений гидродинамики течения тонкого слоя вязкой жидкости.

• #922

# Лазерная резка — где мы сегодня?

Д. А. Пятница, ОАО «Линде Газ Украина» (Днепропетровск)

Лазерная резка — современная и все более распространенная технология обработки материалов — от сталей до титана, керамики, пластика.

Решающую роль в процессе лазерной резки играют газы. Ранее режущим газом был кислород, так как при низких мощностях существовавших лазеров он нес экзотермическую энергию в ходе обработки, что позволяло резать металл большой толщины с использованием высокопроизводительных режимов. Но скорость лазерной резки значительно падает с увеличением толщины обработки и на определенном этапе становится такой же низкой, как при кислородной резке (рис. 1).

Рост мощности лазеров открыл возможности для использования в качестве режу-

щего газа азота. Это дало следующие преимущества: улучшение качества резки титана и алюминия, устранение оксидированного слоя, который препятствовал нанесению покрытий на углеродистую сталь и снижал коррозионную стойкость легированных сталей. Однако из-за уменьшения экзотермической энергии диапазоны скоростей обработки и толщин сузились.

**Лазерная резка кислородом.** Сегодня на рынке появились пяти-, шести- и даже восьмикиловаттные лазеры. Но это не открывает возможности для быстрой резки (более 10 м/мин). При обработке малых толщин мощность лазера должна быть снижена во избежание перегрева и неуправляемого окисления материала далеко за пределами зоны реза. Таким образом, доступная мощность лазера не может охарактеризовать скорость резки (рис. 2).

Лазерная резка — процесс с многочисленными циклами начала и завершения окислительных реакций на поверхности материала. Эти процессы создают так называемые окислительные каналы, вызывающие появление полос на верхней части среза. Чем выше скорость резки, тем меньше и плотнее эти окислительные каналы, и соответственно чище обработанная поверхность (рис. 3, верхняя часть).

Глубже в материале характер окислительных процессов меняется. Энергии уже не достаточно на испарение материала, и в зоне реза формируется расплавленный слой. Кислород должен диффундировать через этот слой оксидов железа к самому металлу для дальнейшего окисления (рис. 3, нижняя часть). Толщина слоя растет с увеличением глубины процесса. При этом окисление замедляется, и каналы приобретают неравномерность и искривленность. Процесс диффузии в значительной степени зависит от инородных элементов, таких, например, как загрязненность газа. Известно, что повышение чистоты кислорода влечет за собой увеличение скорости резки. Причина в насыщении кислорода различными включениями в переходной фазе и их влиянии на процессы диффузии и окисления.

Рис. 1. Скорость резки углеродистой стали при лазерной (1,5 кВт) и кислородной резке

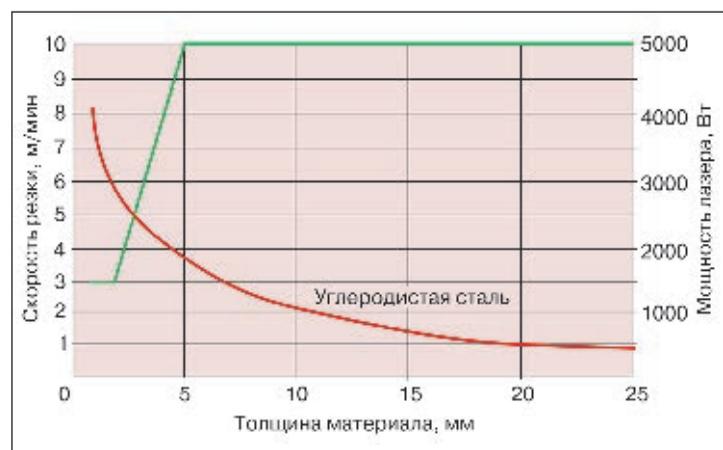
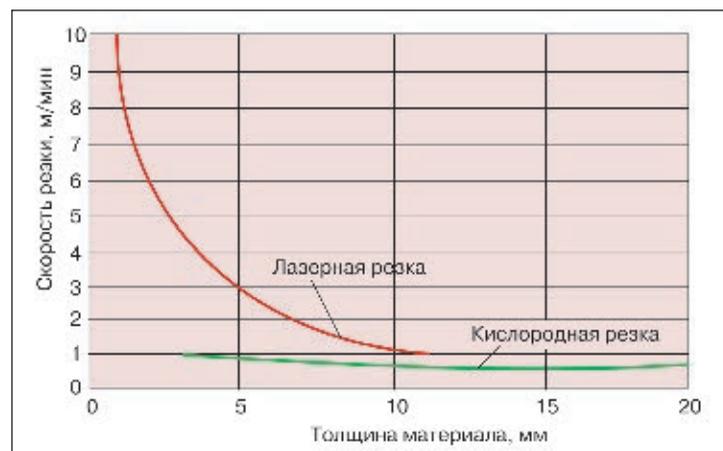


Рис. 2. Регулирование мощности лазера в зависимости от толщины обрабатываемого материала при резке углеродистой стали

Максимальная скорость резки определена максимальной скоростью окислительного фронта и быстротой плавления. При увеличении скорости окисления в нижней части материала требуется повышенная концентрация кислорода. В соответствии с диаграммой, приведенной на *рис. 1*, этого можно достигнуть при более высоком давлении режущего кислорода или турбулентности газового потока.

Процессы лазерной и кислородной резки в некоторой степени подобны. В обоих случаях присутствует нагрев, при лазерной резке даже до температуры испарения. Кислородную резку питает исключительно энергия окисления, в то время как лазерный луч пополняет энергию по всей толщине материала, управляя процессом плавления. Тем не менее на определенном этапе, когда толщина становится слишком значительной, окисление остается единственным источником энергии в зоне реза. Это и есть зона на диаграмме, к которой стремятся кривые скоростей обоих процессов.

**Лазерная резка азотом.** Резка азотом — альтернатива лазерной резке кислородом. На полную мощность лазер способен работать при небольших значениях толщины (*рис. 4*). Независимо от вида материала при резке углеродистых, легированных сталей и алюминия очень малой толщины возможно достичь скорости обработки свыше 10 м/мин. При резке азотом материалов большой толщины скорость падает быстрее, чем при резке кислородом, и максимальная толщина, которую можно обработать с «лазерным качеством» намного меньше (до 10 мм для углеродистых сталей). Отличие обусловлено постоянно поступающей экзотермической энергией окислительного процесса.

**Что применять?** Лазерную резку используют в основном на толщинах до 5 мм. В диапазоне до 3 мм, работая пятикиловаттным лазером, можно обрабатывать углеродистую сталь азотом быстрее, чем кислородом, избегая оксидных пленок и изменений в составе легированных сталей. При больших толщинах материала кислород превосходит азот по скоростным показателям, однако создает в зоне реза широкий оксидный слой. Для нержавеющей стали в качестве режущего газа необходим азот для сохранения антикоррозионных свойств. Азот является также единственным газом для резки алюминия, обеспечивающим отличное качество реза. При наличии в титане

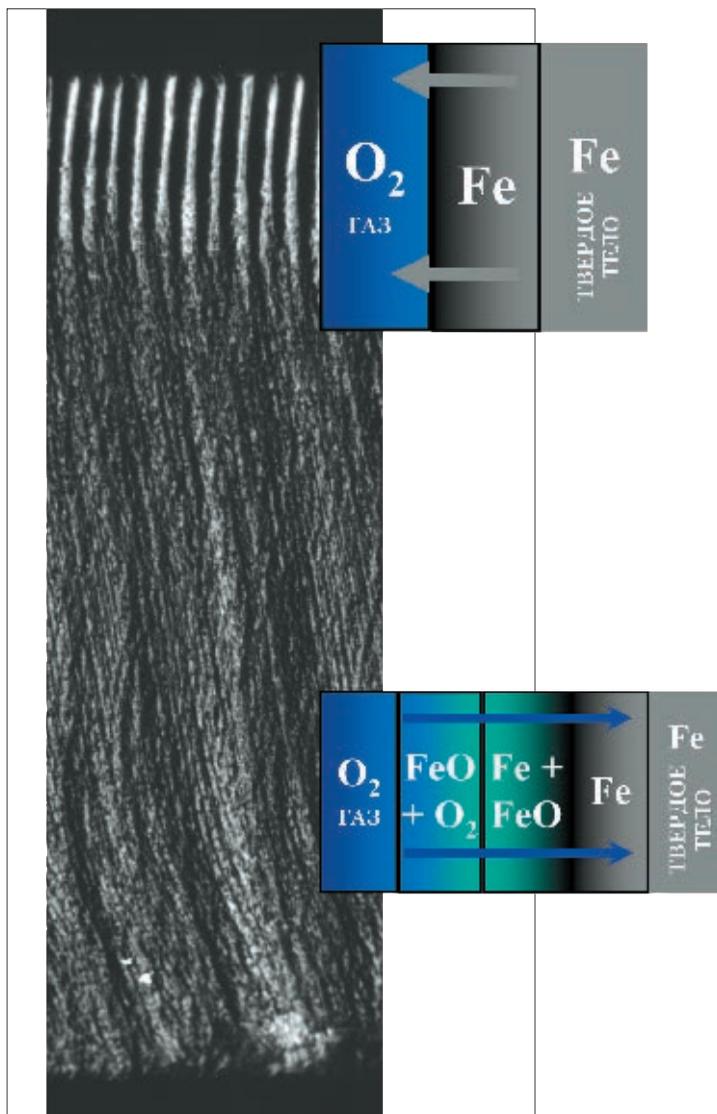


Рис. 3. Процесс окисления на срезе углеродистой стали (8 мм)

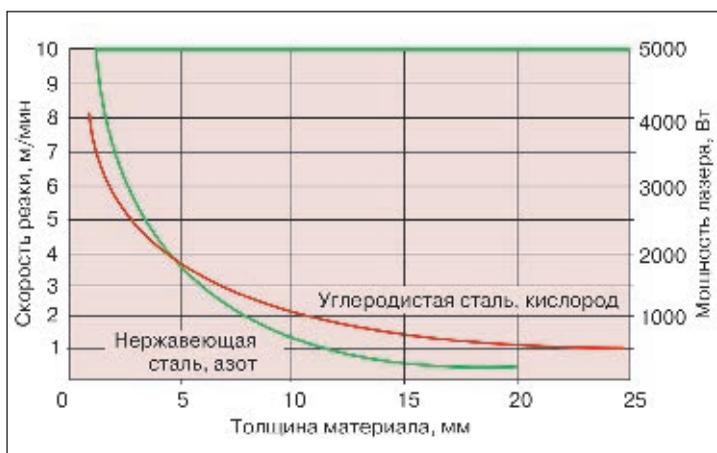


Рис. 4. Скорость резки нержавеющей стали пятикиловаттным лазером при помощи азота в сравнении с кислородной резкой и соответствующей мощностью лазера

азота или кислорода металл приобретает хрупкость, в связи с чем для его резки рекомендуют азот.

● #923



## АРГУС ЛИМИТЕД

г. Одесса, ул. Грушевского 39а,  
4 этаж, кабинет № 17  
Тел./факс +380 48-729-63-53  
www.pipelines.ru  
E-mail: argua@arguslimited.com

**LINCOLN®  
ELECTRIC**

### Авторизованный дистрибьютор компании Lincoln Electric

- Источники питания для ручной дуговой сварки и сварки TIG, оснащенные функциями высокочастотной сварки и автоматического баланса распределения мощности.
- Источники питания для полуавтоматической сварки, компактного и отдельного исполнения, включая специализированный аппарат STT® II для сварки в режиме управляемого переноса металла.
- Универсальные источники питания, обеспечивающие различные выходные характеристики для сварки на силе тока от 250 до 1500 А.
- Сварочные агрегаты различной мощности для использования в цеховых или трассовых условиях.
- Комплекты сварочной робототехники.
- Системы плазменной резки для толщин до 35 мм.
- Системы вентиляции и удаления сварочных газов стационарные и мобильные, низко- и высоковакуумного типа.
- Расходные материалы: все виды проволоки, электродов, материалы для сварки нержавеющей стали, для автоматической сварки под флюсом, для сварки чугуна, меди, алюминия, хромоникелевых и других цветных сплавов.



### Гарантия на оборудование до 3 лет!

Наша компания выполняет запуск, наладку, обучение персонала, проводит гарантийный и послегарантийный ремонт.

TransPulsSynergic  
MagicCleaner  
TransSynergic  
TransPocket  
MagicWave  
TransTig

ACTIVE WAVE  
RESONANT INTELLIGENCE  
INSIDE



### СПОСОБ СВАРКИ:

- сварка MMA
- сварка TIG DC

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:

- легкие, мобильные и безопасные в прочном корпусе
- функция Anti-Stick
- функция горячего старта
- функция мягкого старта
- термуправляемый вентилятор
- функция TIG-Comfort-Stop
- защита от перегрева
- устройство понижения напряжения
- регулировка динамики, ВАХ, мощности



**Fronius**

**Favorit LTD**  
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ  
FRONIUS INTERNATIONAL GmbH  
ООО «Фрониус-Украина»

Киев, ул. Киквидзе, 17  
Тел. (044) 494-3698,  
тел./факс (044) 286-6595(97)  
e-mail: info\_fronius@favorittd.com

## ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ

г. КИЕВ,  
ул. М.Стельмаха, 5  
т./ф. (044) 257-43-32,  
258-03-57  
E-mail: evrotel@kn.ua



г. ОДЕССА,  
ул. Бугаевская, 35  
т./ф. (0482) 340-475,  
728-61-28  
E-mail: advantage@eurocom.od.ua

- ◆ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ◆ ГАЗСВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ◆ РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- ◆ АКСЕССУАРЫ
- ◆ КОМПРЕССОРЫ ВОЗДУШНЫЕ  
ДО 1210 Л/МИН



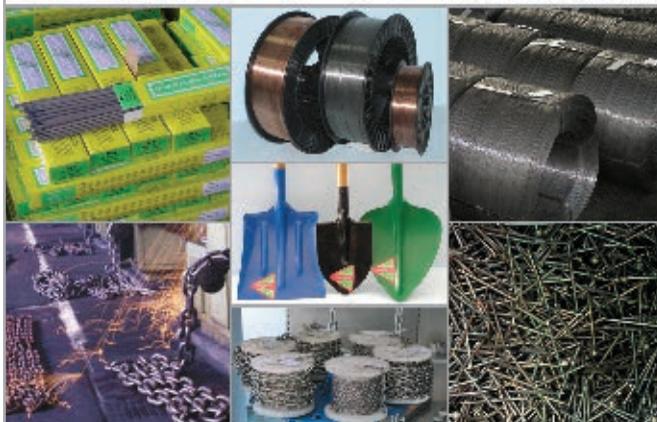
ЗАВ АРТЕМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

VISTEC VISTEK



### 100 ЛЕТ НА РЫНКЕ!

проволока, цепи, электроды,  
гвозди, лопаты, сварочная проволока



### Приглашаем к возобновлению прямых хозяйственных связей!

Украина, 84500, г. Артемовск, Донецкая область,  
ул. Артема, 6  
тел. многоканальный: +38 (062) 340-19-11, 340-19-12  
факс: +38 (062) 340-19-10, 340-19-11, (0627) 44-02-50  
www.vistec.com.ua; www.vistec.gorod.dn.ua

market@kzeso.com

www.kzeso.com

Каховский завод электросварочного оборудования

  
КЗЭСО

**Традиции качества!  
Варим с 1929 года!**

# Обучение ручной сварке труб из нержавеющей стали на основе нейронной модели способностей сварщиков

Р. Ястржембский, Институт соединения металлов,

А. Ястржембский, П. Ястржембский, Горно-металлургический институт (AGH) (Краков, Польша)

Перевод: А. Стебаков-Мательовска (Польша)

Описание действий сварщика при выполнении работ вызывает значительные методологические трудности, связанные с необходимостью использования методов физических, социальных и технических наук. Прогресс в информатике, в частности развитие самообучающихся нейронных сетей, позволил создать нейронную модель способностей сварщика, т. е. описать психологические и социальные аспекты с помощью методов, понятных для физиков.

Модель, разработанная американскими физиками на основе результатов численного расчета физических процессов сварки, позволяет значительно ускорить обработку данных компьютером, что обеспечивает управление сваркой в реальном времени.

Предложенная авторами иерархическая модель человеческого мозга (рис. 1) основана на нейронных сетях при условии, что часть знаний является общей для всех действий человека. Знания в этой модели с точки зрения их обработки подразделяют на следующие уровни:

- уровень точной математической обработки информации (рис. 1, верхняя часть — абстрактная деятельность),
- уровень гуманитарной обработки информации (рис. 1, средняя часть — описательная деятельность),
- уровень практической обработки информации (рис. 1, нижняя часть — работа конечностей, т. е. практическая деятельность).

В данной информационной модели человеческого мозга определенные уровни построены из одинаковых нейронных пучков, которые на каждом уровне ориентированы по-разному: в вертикальном, горизонтальном и поперечном направлениях. Путем изменения направления ввода данных можно изменять количество одновременно анализируемых черт, интенсивность черт, количество хранимых в памяти операций обработки. Это позволяет изображать с помощью векторов способ обработки информации человеком с точными, гуманитарными или практическими способностями, а также изменять направление обработки информации: производительное и воспроизводительное, т. е. от детали к обобщению и от обобщения к детали.

Расположение пучков нейронов на рис. 1 изображает три типа способностей человека на производительном (перенос информации сверху вниз) и воспроизводительном (перенос информации снизу вверх) уровнях.

Если на сознательном уровне (рис. 1, верхняя часть) пучки нейронов настроены для точной обработки информации, значит у человека математические способности. Например, мозг человека с производительными математическими способностями анализирует одновременно пять черт на 20 уровнях интенсивности и хранит в памяти две операции, а мозг человека с воспроизводительными математическими способностями анализирует 20 черт по пятибалльной шкале.

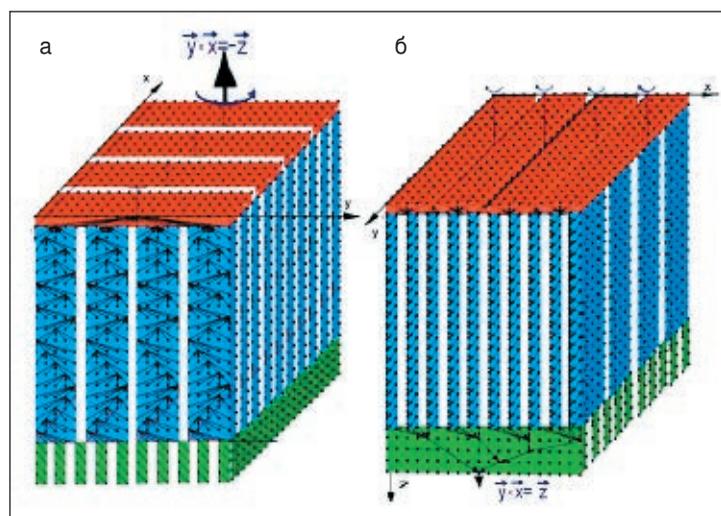


Рис. 1. Векторное изображение гуманитарного, практического и точного способов обработки информации в модели нервного сплетения в форме прямоугольного параллелепипеда: а — производительная модель мозга; б — воспроизводительная модель мозга

Если на несознательном уровне обработки пучки нейронов настроены на гуманитарную описательную обработку информации, то это означает, что у человека гуманитарные способности. Если на автоматическом уровне пучки нейронов настроены на практическую обработку информации, то у человека практические способности.

Согласно этой информационной модели у человека только один тип способностей, если только на одном уровне пучки нейронов настроены таким образом, как показано на *рис. 1, а*, а на остальных уровнях обработки информации настройка пучков нейронов не соответствует этому типу способностей, они расположены в обратном порядке.

Если *рис. 1* повернуть на  $90^\circ$  по вертикали, он изобразит мозг человека, у которого два типа способностей на двух уровнях обработки информации (это означает, что на этих уровнях тип обработки информации согласован с направлением производительной или воспроизводительной обработки, а на третьем уровне направление обработки информации противоположно). *Рис. 1* показывает, что тип способностей только организует настройку обработки и обусловлен он быстрыми связями, которые возникают не на основе строения, а в результате частого использования.

Согласно некоторым теориям каждому человеку присущи все три типа способностей, однако их развитие зависит от стремления получить удовлетворение путем наименьшего усилия, мотивированное изначальными факторами сразу после рождения и социальными стимулами, связанными с типом образования, влиянием родного языка, и т. п. На тип обработки информации, общий для всех людей, значительно большее воздействие оказывает функционирование нервной системы, стимулированное искусственными нейронными сетями.

Пространственная модель нейронной сети, имитирующая способности (*рис. 1* и *2*), представляет различные способы ввода информации, необходимой для программирования автоматической системы логической обработки информации, которая является общей для всех людей. Благодаря освобождению сознания от работы по повторению логических операций возрастает возможность интеллектуального развития. Аппарат восприятия человека может самостоятельно без контроля сознания обнаружить логику координации движений и наблюдения. Однако извлечение из неосознанности

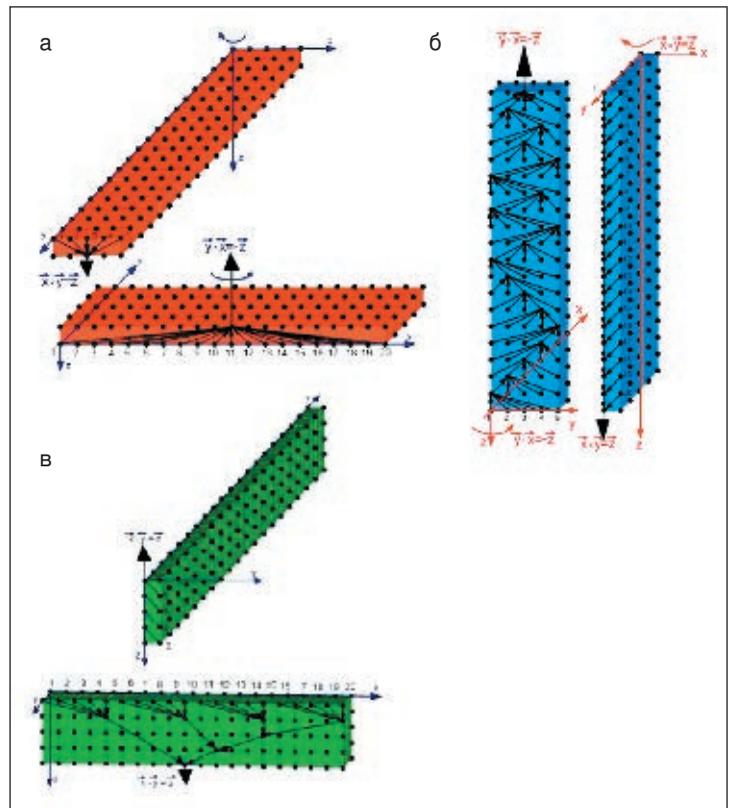


Рис. 2. Нейронное изображение типов способностей: а — преобразование, соответствующее точным способностям; б — преобразование, соответствующее гуманитарным способностям; в — преобразование, соответствующее практическим способностям

этих алгоритмов и логическое их описание значительно ускоряют процесс обучения сварщиков, имеющих разные способности. Для аудиовизуальной поддержки обучения были использованы методы, включающие демонстрацию логики, скрытой в картинках так называемого византийского типа.

Картинки для обучения физике процесса при разных методах дуговой сварки были созданы на основе ряда правил:

1. Текущие капли от присадочной проволоки, попадая в расплавленный основной металл, отнимают теплоту плавления и понижают температуру сварочной ванны.

2. Плавление является результатом физического контакта газов дуги с металлом, а подогрев основного металла происходит за счет теплопроводности. Длительное время подогрева затрудняет плавление основного металла из-за термической изоляции расплавленной проволоки, повышения температуры ванны и значительного перемешивания расплавленного основного металла с проволокой.

3. Плавление металла осуществляет внешняя часть потока газов, движущихся за счет разницы температур, а подогрев — внутренняя часть потока газов. Боковая поверх-

ность электрической дуги является источником потери теплоты и вместе с температурой основного металла определяет напряжение дуги.

4. Глубина проплавления зависит от давления горячих газов дуги, достигающих основного металла, она уменьшается с увеличением длины дуги, размера сварочной ванны и угла раскрытия дуги. Большой провар понижает температуру сварочной ванны.

5. Перемещение жидкого металла происходит под действием давления газов и термокапиллярного эффекта, в верхней части свароч-

ной ванны застывает более толстый слой расплава.

Также были учтены и другие аспекты, облегчающие обучение сварке, связанные с воздействием стресса на коммуникацию между отдельными уровнями обработки информации.

Ниже показан пример создания визуального практического пособия для обучения сварщиков труб (рис. 3).

Положение Н-Л045 (ручная сварка труб из нержавеющей стали) требует от сварщика умения сваривать обеими руками. Во время сварки в этом положении скорость сварки регулирует размер ванны (траектория L). Сварщик должен вести электрод вдоль самого большого углубления, перпендикулярно к поверхности трубы с такой скоростью, чтобы нижняя граница сварочной ванны плавила нижнюю кромку, или вести электрод вдоль самой большой выпуклости предыдущего прохода, и тогда верхняя граница ванны проходит посередине разделки кромок за 2 мм от верхней кромки или проплавляет верхнюю кромку. На основе описательной физики (угол раскрытия и длина дуги, зависимость глубины проплавления от размера сварочной ванны и положение дуги по отношению к ванне) показана техника выполнения провара при узком (А – металлическая порошковая проволока, В – сплошная проволока) и широком (С) зазоре методами сварки MAG, TIG (N, Y), газовой (Т) и электродом с основным покрытием (М, R, S). Описательная физика послужила также основой для выявления различий между сваркой сплошной (В, С, Е, К) и порошковой (А, I, L) проволокой и определения углов ведения горелки и подачи проволоки (W, Z).

Такое визуальное пособие позволяет более эффективно обучать сварщиков, имеющих практические способности. Это пособие уже несколько лет успешно применяют в школе сварщиков в Кракове.

• #924

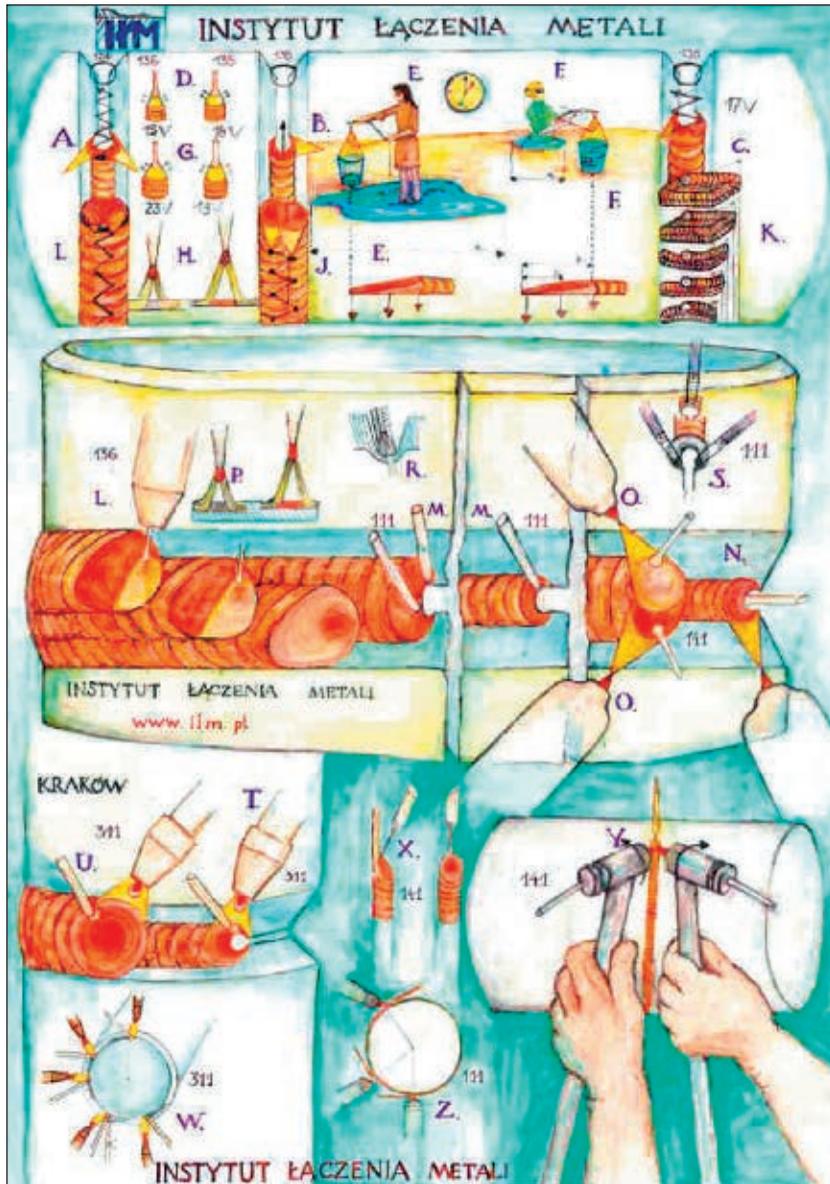


Рис. 3. Графическое изображение влияния физики процесса на технику сварки труб из аустенитной стали (картина Катажины Туз «Алфавит сварки труб из аустенитной стали», [www.ilm.pl/polska/kal.htm](http://www.ilm.pl/polska/kal.htm)): А, В, С, J, К, L — траектория MAG сварки сплошной и порошковой проволокой; М, R, S — выполнение провара электродом с основным покрытием при меняющейся ширине зазора; N, O — выполнение провара и второго прохода методом TIG, U, T, W — техника газовой сварки; X, Y, Z — техника TIG сварки тонкостенных труб в пищевой промышленности; D, G, H — влияние угла раскрытия и длины электрической дуги на глубину провара и температуру ванны; K — влияние траектории движений на толщину выполняемого заполняющего слоя; E, F — влияние размера ванны и положение дуги по отношению к ванне на технику выполнения провара сплошной проволокой при широком (С) и узком (В) зазоре и порошковой проволокой при узком зазоре (А)



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
«ИЭС им. Е.О. Патона»



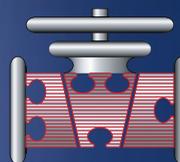
ПАТОН ЭКСПО  
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ ПАТОН ЭКСПО 2009

Киев, 14–16 апреля 2009, ВЦ «КиевЭкспоПлаза»



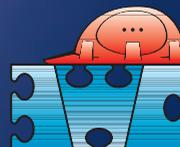
**Сварка.  
Родственные  
технологии**



**Трубопроводный  
транспорт**



**Неразрушающий  
контроль  
и техническая  
диагностика**



**Промышленная  
экология**



**Инструменты  
и крепления**

**ОРГАНИЗАТОР:**

ООО «Центр трансфера технологий  
«Институт электросварки им. Е.О. Патона»

**ПРИ СОДЕЙСТВИИ:**

НАЦІОНАЛЬНА АКЦІОНЕРНА КОМПАНІЯ  
**НАФТОГАЗ**  
У К Р А Ї Н И  
Национальная акционерная  
компания «Нафтогаз Украины»



Общество  
сварщиков  
Украины



Украинское общество  
неразрушающего контроля  
и технической диагностики



Физико-химический институт  
защиты окружающей среды  
и человека



Торговый Дом  
«Сварка»



Асоціація  
виробників і будівельників  
полімерних трубопроводів  
Ассоциация производителей  
и строителей полимерных трубопроводов



Асоціація промислового  
арматуростроєння України  
Ассоциация промышленного  
арматуростроения Украины



Выставочный портал Exponet.ru (Россия)



Компания Expotec  
(Германия)

Т./ф. +38 044 200-80-89(91)

[www.paton-expo.kiev.ua](http://www.paton-expo.kiev.ua)

# VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2008

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

**МЕТАЛЛО-  
ОБРАБОТКА**  
Металлообработка и  
технологии, оборудование

**УКРПАСТ  
ТЕХ**  
Специализация  
для производства  
аппаратуры пластмасс

**ГИДРАВЛИКА  
ПНЕВМАТИКА**

**УКРИРОМ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ**  
Промышленная автоматизация

**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,  
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**  
Экспонаты, материалы, приборы,  
таблицы, эталоны, измерительное  
оборудование, метрология, сертификация

**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОИЗВОДСТВА**  
Экспонаты, материалы, оборудование,  
инструмент

**УКРМАШ  
ТЕХ**  
Продукция и  
технологии, оборудование

**УКРВОТ  
ТЕХ**  
Специализация  
для производства  
аппаратуры

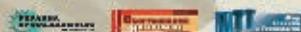
**ПОДШИПНИКИ**

**УКРСВАРКА**  
Технологии, оборудование  
и материалы

**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ  
СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**СУБКОНТРАКТЫ**  
Экспонаты, материалы, оборудование

Генеральные  
информационные партнеры:



**ufi**  
Approved  
Event



Технический партнер:

**ПрессКом**

Эксклюзивный медиа-партнер:

**ST**  
STB

**ОРГАНИЗАТОРЫ:**

Министерство промышленной политики Украины  
ООО "Международный выставочный центр"  
Украинская Национальная Компания  
"Укрстанкоинструмент"

**25-28**  
**НОЯБРЯ 2008 г.**



+380 44 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58  
e-mail: [lilia@iec-expo.com.ua](mailto:lilia@iec-expo.com.ua)  
[www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**  
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15  
"Левобережная"

Информационная поддержка:





# Защитные свойства магнитомягких аморфных сплавов

**В. А. Глыва, В. И. Клапченко**, кандидаты технических наук, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, **И. Н. Ковтун**, канд. техн. наук, НТУУ «КПИ»

*Одной из перспективных разработок современного материаловедения является создание новых магнитомягких материалов, в частности, аморфных металлических сплавов. Эти материалы характеризуют высокая магнитная проницаемость, а также необходимые для различного применения индукция насыщения и коэрцитивные силы. На сегодняшний день аморфные магнитные сплавы используют в основном для изготовления высокочувствительных феррозондовых датчиков, компактных фильтров электромагнитного шума, малогабаритных высокочастотных трансформаторов и дросселей. При этом нужные для каждого случая физические свойства достигают за счет термической и магнитотермической обработок исходных материалов.*

Прогнозируемое изменение магнитных свойств, а также постоянное уменьшение стоимости изготовления и предварительной обработки аморфных сплавов делают их перспективными при создании покрытий для защиты людей и технических средств от влияния магнитных полей и электромагнитных излучений антропогенного происхождения. Магнитомягкие аморфные сплавы являются наиболее перспективными материалами для разработки как индивидуальных средств защиты людей от негативного влияния электромагнитных полей и излучений, так и экранов для защиты чувствительного оборудования. Такие материалы, даже имея одинаковый химический состав, существенно различаются экранирующими свойствами, что обусловлено, в первую очередь, технологией их изготовления. Цена аморфных материалов также различна, поэтому разработка защитных экранов должна быть оптимизирована как с технической точки зрения, так и с точки зрения экономической целесообразности.

Сложность разработки и изготовления защитных магнитных материалов, эффективных как в низкочастотном, так и в высокочастотном диапазонах, связана с тем, что для их создания необходимо использовать

разные физические принципы и разные технологические подходы. Например, для низкочастотных магнитных полей (до 1 кГц) защитное покрытие должно быть сплошной оболочкой, а для высокочастотных полей (мега- и гигагерцы) возможно использовать регулярную структуру с промежутками, ширину которых определяет длина волны экранированного поля. Таким образом, задача экранирования, в общем случае, состоит из двух компонентов:

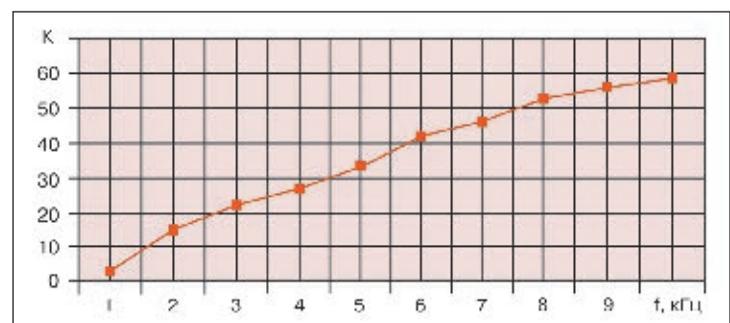
- защита от магнитных полей;
- защита от электромагнитных полей.

Универсальное решение этой задачи представляется не только сомнительным, но и нецелесообразным. Частотные и амплитудные параметры электромагнитных полей, генерируемых теми или иными техническими средствами, обычно известны либо могут быть определены с помощью специального или многофункционального оборудования. Наиболее приемлемым является изготовление экранов и покрытий, предназначенных для защиты от электромагнитных полей и излучений определенных диапазонов частот и амплитуд. Предпосылкой этому есть тот факт, что магнитные свойства как магнитомягких кристаллических, так и аморфных материалов зависят не только от их химического состава и условий изготовления, но и от режимов механической, термической и термомагнитной обработок.

Таким образом, подбирая режимы таких обработок, можно получать материалы заданных свойств.

Определение защитных свойств материалов целесообразно выполнять эксперимен-

Рис. 1. Зависимость чувствительности датчика от частоты  $f$  магнитного поля



тально, измеряя уровни полей за защитными экранами. При этом калибровка датчика, изучение его чувствительности являются обязательными (рис. 1).

Коэффициент коррекции чувствительности  $K$  определяют из соотношения

$$U_{\text{ВЫХ}} = KU_{\text{ВХ}},$$

где  $U_{\text{ВЫХ}}$  — напряжение в генерирующем контуре, В;  $U_{\text{ВХ}}$  — напряжение на контактах датчика, мВ.

Аморфные металлические сплавы производят в виде очень тонких лент (до нескольких десятков микрометра), что обусловлено технологией скоростной закалки расплава (так называемое «спиннингирование»).

Коэффициенты экранирования материалов

$$K_e = B_1 / B_2,$$

где  $B_1$  — индукция исходного магнитного поля;  $B_2$  — индукция экранированного поля.

Кривые зависимости экранирующих свойств пермаллоя и высококобальтового аморфного сплава в зависимости от индукции внешнего магнитного поля приведено на рис. 2.

Показателем экранирующих свойств магнитомягкого материала может быть и его относительная магнитная проницаемость, что следует из фундаментальных физических принципов.

Наиболее эффективным методом повышения нужных свойств является термическая обработка аморфного сплава в постоянном магнитном поле. Это связано с тем, что такая обработка вызывает не только релаксацию внутренних напряжений в материале, но и наводит макроскопическую магнитную анизотропию. Это существенно улуч-

шает магнитные свойства магнитомягких аморфных сплавов, однако влияет на их механические свойства, что нужно учитывать, если обработке подвергают не готовое изделие, а материал для последующей работы.

Обычно отличают материалы, при магнитной обработке которых внешнее магнитное поле было направлено вдоль и поперек исходной металлической ленты, полученной при скоростной закалке. Но для целей электромагнитной защиты различия магнитных свойств не критичны.

Известно, что относительная магнитная проницаемость аморфных сплавов может изменяться в широком диапазоне. Например, магнитная проницаемость высококобальтового сплава (содержание кобальта 85%) в магнитном поле частотой 10 кГц и напряженностью 800 А/м после термомагнитной обработки в постоянном магнитном поле напряженностью 1000 А/м при температуре 300 °С увеличивается от 120 000 до 300 000. При этом прямоугльность петли гистерезиса (отношение остаточной магнитной индукции к максимальной) растет с 0,75 до 0,9.

Для использования таких материалов в качестве защитных необходимо определять зависимости коэффициентов экранирования или магнитных проницаемостей от частотных и амплитудных характеристик магнитных (электромагнитных) полей и режимов обработок, которые обеспечивают максимальные значения необходимых параметров.

Температура отжига для подавляющего большинства аморфных магнитомягких материалов составляет 300–400 °С. Это объясняется относительно низкой точкой Кюри, а также низкими температурами плавления.

Эффективным средством экранирования переменных магнитных полей промышленной частоты являются аморфные сплавы с относительно малым содержанием кобальта (до 70%). Для потребностей электротехники их обычно используют без термообработки, однако отжиг при температуре 300 °С без магнитного поля значительно улучшает защитные свойства таких сплавов (рис. 3).

Анализ полученных результатов свидетельствует, что соответствующая зависимость имеет достаточно сложный характер и не поддается обобщению, которое бы дало возможность предварительно определять коэффициенты экранирования этих материалов, однако показывает, что стандартная термическая обработка повышает  $K_e$  в 2–4 раза в достаточно широком амплитудном интервале.

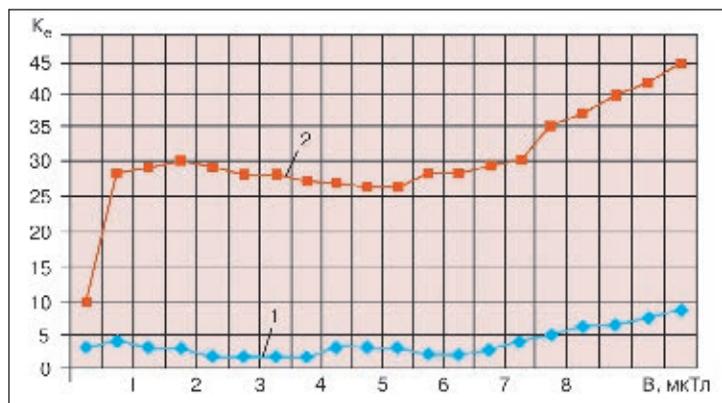


Рис. 2. Зависимость экранирующих свойств магнитомягких материалов от индукции внешнего магнитного поля частотой 50 Гц: 1 — пермаллой (содержание никеля 68%, толщина экрана 50 мкм); 2 — аморфный сплав (содержание кобальта 70%, толщина экрана 40 мкм)

Проведенные исследования показали возможность получения на базе промышленных магнитомягких аморфных сплавов материалов с заданными защитными свойствами. Термическая и магнитотермическая обработки аморфных сплавов позволяют получить материалы для экранирования магнитных полей широкого частотного и амплитудного диапазонов. Экспериментальные исследования амплитудной и частотной зависимости коэффициентов экранирования определенных материалов подтвердили возможность получения общих аналитических функций, что в практической работе исключает необходимость проведения дополнительных испытаний при внедрении организационно-технических мероприятий по электромагнитной защите.

Предложенный подход может иметь значительный экономический эффект за счет уменьшения объемов работ по тестированию систем защиты.

На сегодняшний день не существует материалов, которые бы осуществляли эффективное одновременное экранирование магнитных и электромагнитных полей низких, высоких и сверхвысоких частот. Использование многослойных покрытий из разных материалов не всегда возможно из-за слож-

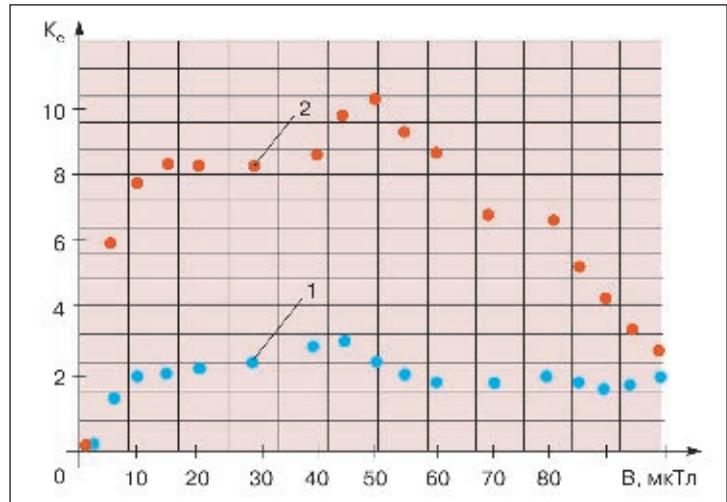


Рис. 3. Изменение защитных свойств аморфного сплава в зависимости от амплитуды магнитного поля частотой 50–150 Гц (содержание кобальта 71%, толщина ленты 50 мкм): 1 — исходное состояние; 2 — состояние после термообработки

ности и высокой стоимости таких конструкций. Перспективными представляются работы по созданию экранов из материалов, имеющих одинаковый химический состав, но прошедших различную термическую и магнитотермическую обработки. Это открывает широкие возможности для разработки эффективных и удобных в использовании средств индивидуальной защиты. ● #925

### Вручение академику Б. Е. Патону диплома Почетного Доктора Словацкого технического университета

Ученый совет Словацкого технического университета присвоил звание Почетного Доктора (Doctor Honoris Causa) директору Института электросварки им. Е. О. Патона академику Борису Евгеньевичу Патону за его огромный вклад в развитие сварочного производства и науки о сварке, а также за поддержку плодотворного сотрудничества со словацкими исследовательскими и образовательными учреждениями в области сварки и родственных технологий производства и обработки металлических материалов. Вручение диплома состоялось 22 сентября 2008 г. Диплом вручали представители Словацкого технического университета: профессор Петер Гргач и профессор Петер Сакал. На церемонии награждения выступил с приветственной речью чрезвычайный и полномочный посол Словацкой Республики в Украине Урбан Руснак.

Словацкий технический университет является крупнейшим техническим университетом в Словацкой Республике и находится в Братиславе и в Трнаве (материалотехнологический факультет). Университет основан в 1937 г. и объединяет 7 факультетов, на которых учатся более 18 тысяч студентов. В университете работают 163 профессора, 363 доцента и 390 кандидатов наук и докторов философии.

Институт электросварки им. Е. О. Патона многие годы тесно сотрудничал с Исследовательским институтом сварки (Братислава), Институтом технологии и рационализации заводов тяжелого машиностроения (Братислава) и рядом промышленных предприятий. Так, в 1991–1994 гг. Институт технологии и рационализации заводов тяжелого машиностроения совместно с Институтом электросварки им. Е. О. Патона выполнял государственный научно-технический проект «Новые материалы и технологии их производства», который включал разработку процесса электрошлакового переплава инструментальных и быстрорежущих сталей. Академик Иван Гривняк, являющийся теперь почетным профессором (Emeritus) Словацкого технического университета, в 1992 г. избран иностранным членом Национальной Академии наук Украины.

В настоящее время продолжателем традиций сотрудничества с Институтом электросварки имени Е. О. Патона является Первая Сварочная Компания (Prva Zvaracska a. s.) из Братиславы. Активно осуществляется сотрудничество между журналами «Сварщик» и «Zvarcas».

*Редакционный совет и редколлегия журнала «Сварщик» поздравляют академика Б. Е. Патона с присвоением звания Почетного Доктора Словацкого технического университета!*



# РОБОТЫ

*Впервые термин «робот» был введен К. Чапеком в пьесе «R. U. R.» (1920), где роботами называли механических людей. В настоящее время робототехника превратилась в развитую область промышленности: тысячи промышленных роботов работают на различных предприятиях мира, подводные манипуляторы стали неотъемлемой принадлежностью подводных исследовательских и спасательных аппаратов, изучение космоса опирается на широкое использование роботов с различным уровнем интеллекта.*

*Другой писатель, известный американский фантаст, популяризатор науки, биохимик по профессии, Айзек Азимов сформулировал в своих произведениях три закона робототехники:*

*1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.*

*2. Робот должен повиноваться командам человека, если эти команды не противоречат Первому Закону.*

*3. Робот должен заботиться о своей безопасности, пока это не противоречит Первому и Второму Законам. Выполняются ли эти законы и каким интеллектом должен обладать такой робот, сказать трудно. Приглашаем читателей заглянуть в мир уже существующих роботов, который постоянно расширяется и не перестает нас удивлять. Давайте отвлечемся от рабочих проблем и просто отдохнем.*

## Роботы-игрушки

В начале 20 столетия начали интенсивно развиваться новые науки — радиотехника, электроника. Новые научные открытия и изобретения позволили проблеме создания роботов перевести на новый, более совершенный фундамент. Появились реальные возможности оснастить робота зрением — фотоэлементами, слухом — микрофонами, речью — громкоговорителями.

В то же время начали появляться первые плоды науки, которая позже стала называться кибернетикой. Ученые и инженеры начали разрабатывать устройства, которые, хоть и скромно называли кибернетическими игрушками, создавали отнюдь не для развлечения. Они служили примером практического воплощения идей автоматического управления, моделировали поведение живых организмов в простейших ситуациях. Большую известность среди этих кибернетических игрушек приобрели устройства, напоминающие черепах, жуков, белок, собак и др. Первые простейшие схемы таких устройств, способных двигаться в направлении света, разработал основатель кибернетики Н. Винер.

## Киборги, андройды

Первые роботы-«андройды», имитировавшие движения и внешний облик человека, использовались преимущественно в развлекательных целях. С 1930-х гг. в связи с автоматизацией производства роботы — автоматы стали применять в промышленности, в частности в мелкосерийном производстве и особенно в цехах с вредными услови-



ями труда. Сегодня создатели киборгов ни в чем не ограничивают свою фантазию и мастерство. Многие соглашались с утверждением, что японские роботы одни из самых совершенных. Так, японские специалисты близки к созданию идеального работника, который не будет жаловаться на дождь, скользкий пол и прочие плохие условия; они сделали, например, робота-распорядителя для свадьбы с улыбкой на лице-экране, ребенка-андроида, обладающего гибкими конечностями и мягкой кожей.

Еще один японский оригинал — робот-танцор, способный попеременно выдавать диско, панк, фанк, рок, хип-хоп, брэйк и т. д. Заряда батареи у него хватает на 45 минут. За это время робот предлагает всевозможные движения для танцующих вокруг людей. В ушах у него стереомикрофоны, которые улавливают малейшие звуки.



## Военные роботы

В Ассоциации продвинутых научных исследований США (AAAS) говорят, что за последние несколько лет количество роботов, находящихся на вооружении у американских военных, увеличилось в несколько раз. На сегодня большинство таких роботов — различные экспериментальные механизмы, находящиеся в Ираке или Афганистане. Однако военные намерены как можно активнее внедрять современные технологии в оборонную



сферу. В отчете военных аналитиков AAAS говорится, что к 2020 г. примерно каждый третий военнослужащий или образец вооружения (техники) будут роботизированными механизмами. Специалисты говорят, что на практике военные роботы вряд ли будут похожи на многочисленные голливудские экранизации; скорее всего, это будут специализированные наземные, морские или воздушные механизмы, предназначенные для различных работ, например разведки, патрулирования территории или даже нанесения ударов.

Сейчас основным признаком военного робота является его способность принимать и выполнять удаленные команды оператора-человека. Военные отмечают, что в создании сверхинтеллектуальных роботов, подобных голливудским в блокбастерах в реальности пока никто не заинтересован.

А вот на автономный механизм, способный очень четко выполнять одну единственную задачу, спрос есть и растет. В отчете также говорится, что на ближайшие годы основной задачей для инженеров и программистов станет создание универсального интерфейса, при помощи которого возможно управлять различными типами роботизированных систем. Наиболее вероятно, что такими интерфейсами станут некие аналоги сенсорных джойстиков, управление которыми будет идти на уровне интуиции человека.

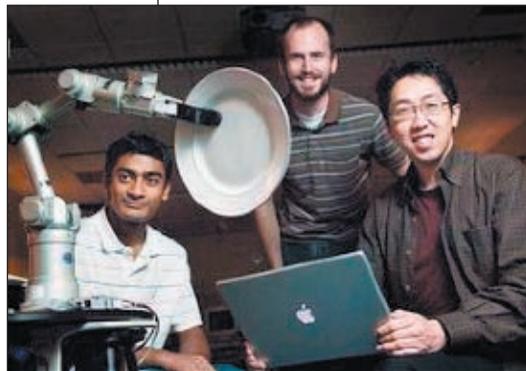


Маленькую, но грозную модель робота создали израильские специалисты. Благодаря своим размерам эта штука больше похожа на игрушку, однако за столь безобидной внешностью скрывается боевое вооружение.

Робот под названием VIPeR, спроектированный в компании Elbit Systems, оснащен миниатюрным Uzi пистолетом, оглушающими и дымовыми гранатами. Кроме того, модель имеет устройство для обнаружения взрывчатых веществ, а также камеры ночного видения. Дистанционно управляемый VIPeR легко помещается на спину человека: он весит 11 кг при высоте 22,86 см. Помимо всего прочего, робот способен взбираться по лестнице и определять свое месторасположение на запрограммированной карте.

## Роботы-помощники

Исследователи из Стэнфордского университета работают над созданием робота, который сможет выполнять обязанности домохозяйки. Над проектом трудится команда из тридцати студентов и десяти профессоров, которыми руководит Эндрю Нь.



Прототип робота получил имя STAIR (STanford Artificial Intelligence Robot — Стенфордский робот с искусственным интеллектом). Специалисты научили STAIR находить и приносить такие предметы, как чашка, карандаш, кирпич, книга и стеклянный бокал. Благодаря специальному алгоритму робот умеет определять место, за которое удобнее взять каждый объект: к примеру, чашку он берет за ручку, карандаш — по середине и так далее.

В течение следующего десятилетия исследователи планируют научить робота справляться с пятью задачами: по голосовой команде приносить различные предметы и приглашать требуемого человека, убирать в комнатах, загружать грязную посуду в посудомоечную машину, собирать мебель (например, стеллажи от IKEA) и выполнять функции гида — водить людей по музею или лаборатории, открывая перед ними двери. По словам Эндрю Нь, как только эти цели будут достигнуты,

В течение следующего десятилетия исследователи планируют научить робота справляться с пятью задачами: по голосовой команде приносить различные предметы и приглашать требуемого человека, убирать в комнатах, загружать грязную посуду в посудомоечную машину, собирать мебель (например, стеллажи от IKEA) и выполнять функции гида — водить людей по музею или лаборатории, открывая перед ними двери. По словам Эндрю Нь, как только эти цели будут достигнуты,

робот STAIR станет незаменимым помощником и появится в домах и офисах.

Американский инженер и дизайнер Осман Хан (Osman Khan) разработал шестиногого робота, искусно замаскированного под овцу. Устройство получило кличку Mover. Данный проект реализован специально для выставки BigBots, проходящей в рамках фестиваля Robot 250, проводимого университетом Карнеги-Меллона в г. Питтсбурге.

Робот оборудован газонокосилкой и предназначен для покоса травы в тех местах, где использовать для этого живой скот не представляется возможным. В частности, сейчас Mover мирно «выщипывает» траву около Консерватории Фиппса и Ботанических садов (Phipps Conservatory and Botanical Gardens) в Питтсбурге. Известно, что робот ориентируется на местности с помощью системы GPS-навигации, а для обхождения препятствий использует специальные встроенные датчики. Кроме того, овца умеет издавать целую гамму звуков — чтобы их услышать, нужно подойти к ней и постучать по спине.

Никакой информации о сроках автономной работы, системе питания и операционной системе, под управлением которой работает Mover, пока не предоставлено. Кроме того, пока неизвестно, будет ли Осман Хан усовершенствовать и развивать свой необычный проект.



человека и соответствующим образом адаптировать свои реакции. На исследования, которые продлятся 3 года, выделено 2,3 млн. евро.

Роботы будут получать информацию об окружающем их мире с помощью обычных видеокамер, микрофонов и сенсоров. Одна из задач исследователей — научить робота распознавать различные выражения лица человека и необходимым образом корректировать свои реакции. Программы, которые будут использованы в роботах, приспособлены для того, чтобы распознавать и учитывать различные особенности поведения человека — его движения, голос и язык жестов. Ученые хотят научить роботов распознавать состояния гнева, радости, одиночества и прочих эмоций, на которые роботы должны будут реагировать.

Первые роботы, с которыми работали участники проекта, демонстрируют реакции, похожие на поведение птенцов и детенышей некоторых млекопитающих. Все они эмоционально привязаны к первому объекту, который они видят после появления на свет.

Работа над проектом будет проводиться параллельно в нескольких европейских университетах и исследовательских центрах. По завершении исследований ученые намерены создать двух роботов, которые совместят в себе все, чему их научили в разных странах.

## Роботы, чувствующие и испытывающие эмоции

Британцы возглавили международный проект, в котором участвуют 25 робототехников, психологов и специалистов в сфере искусственного интеллекта из шести европейских стран. Руководит этим исследовательским проектом доктор Лола Канамеро, работающая в университете графства Хертфордшир.

Проект предполагает создание серии роботов, способных улавливать эмоциональные сигналы

## Роботизированные города

Правительство Южной Кореи планирует построить два парка, посвященных роботам. Один парк будет находиться в Инчоне (Incheon), а другой в Масане (Masan). В парках будет представлено большое количество роботов, с которыми люди смогут пообщаться.

Подобный проект является единственным в своем роде на планете, он будет стоить 1,6 миллиарда долларов. Закончить строительство планируют к 2013 году.

● #926

*Создавая роботов, человек изучает себя, свою деятельность и готовит себе помощников. Конечно, превзойти природу невозможно, но облегчить все усложняющийся труд с помощью машин сегодня вполне реально. А чтобы взаимодействовать с интеллектуальными машинами, наверное, надо лучше знать и понимать людей.*

По материалам сайтов:

[www.ukrindustrial.com](http://www.ukrindustrial.com), [www.prorobot.ru](http://www.prorobot.ru), [www.roboter.ru](http://www.roboter.ru), [www.ura-inform.com](http://www.ura-inform.com), [www.compulenta.ru](http://www.compulenta.ru)



# КОРОТКИЙ ПИТ-СТОП...



Ни минуты простоя благодаря  
системе смены гусаков на горелках  
**ABIMIG® T** от **ABICOR BINZEL®**

**АБИКОР БИНЦЕЛЬ —**  
Сварочная техника  
Уржумская, 4, 129343, Москва  
Tel.: (495) 221-84-81/82  
Telefax: (495) 510-64-70

**ABICOR**  
**BINZEL®**



GROUP

ПНН Бинцель Украина ГмБХ

предприятие группы ABICOR

Тел./факс: + 38 (044) 403 1299; Интернет: [www.binzel-abicor.com](http://www.binzel-abicor.com)  
403 1399; 403 1499; 403 1599

E-mail: [info@binzel.kiev.ua](mailto:info@binzel.kiev.ua)



поставка в регионы через сеть официальных  
и региональных дистрибьюторов

**Technology for the Welder's World**



# НОВИЙ зварювальний щиток 3M™ Speedglas™ 9100

У продаж з жовтня 2008 року!

Оптимальний рівень комфорту та надійний захист – найголовніші переваги нового зварювального щитка Speedglas 9100 з фільтром автоматичного затемнення.

Відповідаючи на запити користувачів з багатьох країн світу, новий щиток зроблено глибшим і ширшим, повністю змінена система кріплення щитка, збільшена корисна площа обзору до 73x107мм у моделі Speedglas 9100XX.

Розширені можливості роботи світлофільтра. Тепер зварник може вибрати один з 7 рівнів затемнення (5,8,9-13) для газової зварки/різки, мікро-плазми, низькоамперної зварки TIG, електродугової зварки. Додано нові характеристики – фіксація світлофільтра у будь-якому рівні затемнення та спеціальна опція для стійкого зварювання.

Щиток Speedglas 9100 - незамінний інструмент для професійного зварювання.

3M Україна

Матеріали та засоби безпеки праці

Бізнес-центр "Фаренгейт"

вул. Факультури 30-В

02660, Київ, Україна

Тел. (044) 492 8674

Факс (044) 490 5775

www.3M.com/ua/slz