

THE LINDE GROUP

Linde



## Оборудование ПАО «Линде Газ Украина» в комплексе с высококачественными газами — лучшее решение для Вас

- Передовые технологии и многолетний опыт.
- Европейские критерии качества.
- Современный дизайн.
- Протестировано в независимой европейской лаборатории.
- Уникальные средства защиты.
- Точные параметры регулировки расходомера и давления для приборов.
- Долговечность, надежность и прочность.
- Простота и удобство в эксплуатации.



### ПАО «Линде Газ Украина»

Головной офис, г. Днепропетровск: ул. Кислородная, 1  
Филиал в г. Киев: ул. Лебединская, 36  
Филиал в г. Донецк: ул. Баумана, 11  
Филиал в г. Калуш: ул. Промышленная, 4

тел./факс: (0562) 35-12-25  
тел./факс: (044) 507-23-69  
тел./факс: (062) 310-19-91  
тел./факс: (034) 259-13-00

[www.linde.ua](http://www.linde.ua)

# У КЛИЕНТОВ ВСЕГДА ЕСТЬ ПРАВО ВЫБОРА

## ПЯТЬ САМЫХ РАСПРОСТРАНЕННЫХ «МИФОВ» О РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ:

<p><b>Замена расходных частей вызовет отказ оборудования</b></p>	<p>МИФ</p>	<p><b>ПРАВДА</b></p> <p>Конечно, это может лишь только повлиять на производительность. Но только в том случае, если вы используете расходные материалы для машин своего конкурента. Однако это и является ее основной целью в неосознанной конкуренции. Клиенты говорят сами за себя.</p>
<p><b>Только оригинальные запасные части могут обеспечить требуемую производительность</b></p>	<p>МИФ</p>	<p><b>ПРАВДА</b></p> <p>Подобная информация приводит к тому, что клиенты имеют ограниченный выбор расходных материалов для своих плазменных резаков.</p>
<p><b>Качественный сервис могут предоставить только технические специалисты OEM-компаний</b></p>	<p>МИФ</p>	<p><b>ПРАВДА</b></p> <p>Технические специалисты компании Thermacut несут ответственность за качество услуг и за обслуживание своих клиентов (Service &amp; Support), участвуют в регулярных тренингах по работе с клиентами и реализовывают программы. Клиенты могут обратиться за помощью в области эксплуатации и управления плазменными резаками, а также получить дополнительную информацию обо всех современных методах плазменной резки.</p>
<p><b>Ваша гарантия будет прекращена</b></p>	<p>МИФ</p>	<p><b>ПРАВДА</b></p> <p>Одна из серьезных ошибок – это утверждение, что гарантия производителя оборудования или клиента не будет прекращена, если вы используете расходные материалы.</p>
<p><b>Давление на клиента</b></p>	<p>МИФ</p>	<p><b>ПРАВДА</b></p> <p>Ситуация, когда клиент испытывает давление на приобретение расходных материалов, является нарушением. Как правило, для OEM-производителя систем плазменной резки это означает, что расходные материалы не соответствуют требованиям клиента. Это вредно.</p>

### ИТОГ МИФЫ, НЕ РЕАЛЬНОСТЬ!

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АРГУМЕНТОВ OEM ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ:**  
Чтобы удержать клиентов от перехода на расходные материалы, показывая, что производители используют своих клиентов в качестве заложников.

Эти методы, как правило, используются только в устной форме, на консультациях и при личной встрече с клиентами, чтобы избежать возможного конфликта с конкурентами.

Каждый пользователь системы плазменной резки должен быть способен отстаивать свои интересы и заботиться о своих интересах.  
Thermacut® и CENTRIC® являются разработчиками технологий систем плазменной резки. Мы предлагаем своим клиентам материалы через своих дилеров или напрямую от нас.





2 (96) 2014

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

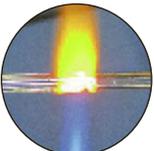
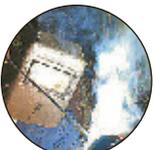
Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

информационно-технический журнал  
**Сварщик**®

Технологии  
Производство  
Сервис

2-2014

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>Новости техники и технологий</b> .....	<b>4</b>	
	<b>Технологии и оборудование</b>		
	Основы разработки технологии сварки плавлением. 2. Приемы сварки. <i>Г. И. Лащенко</i> .....	<b>6</b>	
	Электронный справочник для разработки технологии контактной точечной сварки. <i>П. М. Руденко, В. С. Гавриш</i> .....	<b>12</b>	
	Защита органов дыхания при сварочных работах. <i>К. Чернышук</i> .....	<b>14</b>	
	Плазмотронная техника. Этапы развития. <i>С. В. Петров</i> .....	<b>16</b>	
	Сравнение автоматизированной плазменной и кислородной резки на машинах с ЧПУ низкоуглеродистых и низколегированных сталей малой толщины. <i>С. Л. Зеленский, В. А. Белинский, С. Л. Василенко, А. И. Коровченко, В. А. Олейник, Т. Б. Золотопупова</i> .....	<b>22</b>	
	Сварка трением с перемешиванием. Контроль параметров и управление процессом. <i>В. А. Бакшаев, П. А. Васильев, С. В. Васильев, Р. Р. Гайнуллин, С. Н. Чумаров, А. Х. Рахимов</i> .....	<b>26</b>	
	Неограниченная мобильность .....	<b>30</b>	
	<b>Наши консультации</b> .....	<b>34</b>	
	<b>Зарубежные коллеги</b> .....	<b>38</b>	
	<b>Охрана труда</b>		
	Розробка працезохоронних заходів у зварювальному виробництві на підставі оцінки ризику профзахворюваності. <i>О. Г. Левченко, Ю. О. Полукаров</i> .....	<b>40</b>	
	<b>Web-страницы</b>		
	Разработки. Испытания. Внедрение .....	<b>44</b>	

# ВНИМАНИЕ!

Продолжается **ПОДПИСКА-2014**  
на журналы «Сварщик»  
и «Все для сварки. Торговый Ряд».

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

<b>Новини техніки й технологій</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>Технології й устаткування</b>	
• Основи розробки технології зварювання плавленням. 2. Прийоми зварювання. <i>Г. І. Лашченко</i> . . . . .	<b>6</b>
• Електронний довідник для розробки технології контактного точкового зварювання. <i>П. М. Руденко, В. С. Гавриш</i> . . . . .	<b>12</b>
• Захист органів дихання при зварювальних роботах. <i>К. Чернишук</i> . . . . .	<b>14</b>
• Плазмотронна техніка. Етапи розвитку. <i>С. В. Петров</i> . . . . .	<b>16</b>
• Порівняння автоматизованої плазмового і кисневого різання на машинах зі ЧПУ низьковуглецевистих і низьколегованих сталей малої товщини. <i>С. Л. Зеленський, В. А. Белінський, С. Л. Василенко, А. І. Коровченко, В. А. Олійник, Т. Б. Золотопупова</i> . . . . .	<b>22</b>
• Зварювання тертям з перемішуванням. Контроль параметрів і керування процесом. <i>В. А. Бакшаєв, П. А. Васильєв, С. В. Васильєв, Р. Р. Гайнуллін, С. Н. Чумаров, А. Х. Рахімов</i> . . . . .	<b>26</b>
• Необмежена мобільність . . . . .	<b>30</b>
<b>Наші консультації</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>Зарубіжні колеги</b> . . . . .	<b>38</b>
<b>Охорона праці</b>	
• Розробка працезохоронних заходів у зварювальному виробництві на підставі оцінки ризику профзахворюваності. <i>О. Г. Левченко, Ю. О. Полукарів</i> . . . . .	<b>40</b>
<b>Web-Сторінки</b>	
• Розробки. Випробування. Впровадження . . . . .	<b>44</b>
<b>CONTENT</b>	
<b>News of technique and technologies</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>Technologies and equipment</b>	
• Bases of development of technology of fusion welding. 2. Receptions of welding. <i>G. I. Lashchenko</i> . . . . .	<b>6</b>
• The electronic directory for development of technology contact dot welding. <i>P. M. Rudenko, V. S. Gavriish</i> . . . . .	<b>12</b>
• Protection of bodies of breath at welding works. <i>K. Chernishuk</i> . . . . .	<b>14</b>
• Plasmatron technique. Phases of development. <i>S. V. Petrov</i> . . . . .	<b>16</b>
• Comparison automated plasma and oxygen cutting by machines with numerical program management low-carbonaceous and low-alloy steels of small thickness. <i>S. L. Zelenskiy, V. A. Belinskiy, S. L. Vasilenko, A. I. Korovchenko, V. A. Ole'nik, T. B. Zolotopupova</i> . . . . .	<b>22</b>
• Dissimilar friction stir welding. The control of parameters and management of process. <i>V. A. Bakshaev, P. A. Vasil'ev, S. V. Vasil'ev, R. R. Gainullin, S. N. Chumarov, A. H. Rahimov</i> . . . . .	<b>26</b>
• Unlimited mobility . . . . .	<b>30</b>
<b>Our consultations</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>The foreign colleagues</b> . . . . .	<b>38</b>
<b>Labour protection</b>	
• Development of work- protection actions in welding manufacture on the basis of an estimation of risk industrial disease. <i>O. G. Levchenko, Yu. O. Polukarov</i> . . . . .	<b>40</b>
<b>Web-pages</b>	
• Development. Tests. Introduction . . . . .	<b>44</b>

Свидетельство о регистрации №13094-1978 Пр от 27.08.07

**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** Б. В. Юрлов

**Зам. главного редактора** Е. К. Доброхотова,  
В. Г. Абрамишвили

**Редакционная коллегия** Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко,  
В. М. Илюшенко, А. А. Кайдалов,  
Г. И. Лашченко, О. Г. Левченко,  
П. П. Проценко, И. А. Рябцев

**Редакционный совет** В. Г. Фартушный (председатель),  
Н. В. Высоколян, Н. М. Кононов,  
П. А. Косенко, В. Т. Котик,  
М. А. Лактионов, Я. И. Микитин,  
Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин,  
К. П. Шаповалов

**Редактор** А. Л. Берзина

**Маркетинг и реклама** Т. И. Коваленко

**Верстка** В. П. Семенов

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

**Телефон** +380 44 200 5361

**Тел./факс** +380 44 200 8018, 200 8014

**E-mail** welder@welder.kiev.ua,  
welder.kiev@gmail.com

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

**Представительство в Беларуси** Минск, УП «Белгазпромдиагностика»  
А. Г. Стешиц  
+375 17 210 2448, ф. 205 0868

**Представительство в России** Москва, ООО «Центр трансфера  
технологий» ИЭС им. Е. О. Патона  
В. В. Сипко  
+7 499 922 6986  
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 «Еверт-КТМ»

За достоверность информации и содержание рекламы  
ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией  
редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Редакция оставляет за собой право редактировать и  
сокращать статьи. Переписка с читателями — только  
на страницах журнала. При использовании материалов  
в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 12.02.2014. Формат 60x84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

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

Зак. № 6381 от 12.02.2014. Тираж 3000 экз.

Печать: ООО «Полиграфический центр «Принт 24», 2014.  
Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© ООО «Экотехнология», 2014

## Основы разработки технологии сварки плавлением. 2. Приемы сварки



*Г. И. Лащенко*

Рассмотрены основные приемы, используемые для регулирования тепловложения в свариваемое изделие и его напряженно-деформированного состояния. Приведены способы сварки, в которых используют прием, и достигаемый эффект. Даны рекомендации по использованию того или иного приема сварки.

## Электронный справочник для разработки технологии контактной точечной сварки

*П. М. Руденко, В. С. Гавриш*

Представлен электронный справочник в виде компьютерной программы для разработки технологии контактной точечной и шовной сварки изделий из низкоуглеродистой стали с разными видами покрытий на основе цинка, алюминия и свинца с толщиной листа от 0,4 до 3 мм. В справочнике использованы материалы Международного института сварки, зарубежные руководства по сварке и собственные исследования ИЭС им. Е. О. Патона.

## Сравнение автоматизированной плазменной и кислородной резки на машинах с ЧПУ низкоуглеродистых и низколегированных сталей малой толщины

*С. Л. Зеленский, В. А. Белинский, С. Л. Василенко, А. И. Коровченко, В. А. Олейник, Т. Б. Золотопупова*

Рассмотрена возможность замены кислородной резки низколегированных и низкоуглеродистых сталей малой толщины плазменной. Даны рекомендации по применению плазменной резки.

## Сварка трением с перемешиванием. Контроль параметров и управление процессом

*В. А. Бакшаев, П. А. Васильев, С. В. Васильев, Р. Р. Гайнуллин, С. Н. Чумаров, А. Х. Рахимов*

Приведены результаты опытных работ при исследовании технологического режима сварки трением с перемешиванием, внедренного в ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель». Рассмотрена изготовленная на предприятии установка для сварки исходного листового алюминиевого проката с целью получения больших карт длиной до 14 м произвольной ширины.

## Разработка трудовоохранных мероприятий в сварочном производстве на основе оценки риска профзаболеваний

*О. Г. Левченко, Ю. О. Полукаров*

Рассмотрено одно из важнейших направлений решения проблемы возникновения травматизма и развития профессиональных заболеваний, связанных с влиянием на организм работающих опасных и вредных производственных факторов, источниками которых являются сварочные технологии и материалы. Это направление — принятие комплекса технических и организационных решений на основе концепции теории риска.

## Основы розробки технології зварювання плавленням. 2. Прийоми зварювання



*Г. І. Лащенко*

Розглянуто основні прийоми, використовувані для регулювання тепловкладення у зварюваний виріб і його напружено-деформованого стану. Наведено способи зварювання, у яких використовують прийом, і ефект, що досягається. Дано рекомендації з використання того або іншого прийому зварювання

## Електронний довідник для розробки технології контактного точкового зварювання

*П. М. Руденко, В. С. Гавриш*

Представлено електронний довідник у вигляді комп'ютерної програми для розробки технології контактного точкового й шовного зварювання виробів з низьковуглецевої сталі з різними видами покриттів на основі цинку, алюмінію й свинцю з товщиною листа від 0,4 до 3 мм. У довіднику використані матеріали Міжнародного інституту зварювання, зарубіжні посібники зі зварювання й власні дослідження ІЕЗ ім. Є. О. Патона.

## Порівняння автоматизованої плазмового і кисневого різання на машинах зі ЧПУ низьковуглецевистих і низьколегованих сталей малої товщини

*С. Л. Зеленський, В. А. Белінський, С. Л. Василенко, А. І. Коровченко, В. А. Олійник, Т. Б. Золотопупова*

Розглянуто можливість заміни кисневого різання низьколегованих і низьковуглецевистих сталей малої товщини на плазмове. Дано рекомендації із застосування плазмового різання.

## Зварювання тертям з перемішуванням. Контроль параметрів і керування процесом

*В. А. Бакшаев, П. А. Васильев, С. В. Васильев, Р. Р. Гайнуллин, С. Н. Чумаров, А. Х. Рахимов*

Наведено результати дослідницьких робіт при дослідженні технологічного режиму зварювання тертям з перемішуванням, впровадженого в ЗАТ «Чебоксарське підприємство «Сеспель». Розглянута виготовлена на підприємстві установка для зварювання вихідного листового алюмінієвого прокату з метою одержання великих карт довжиною до 14 м довільної ширини.

## Розробка працезохоронних заходів у зварювальному виробництві на підставі оцінки ризику профзахворюваності

*О. Г. Левченко, Ю. О. Полукаров*

Розглянуто один з найважливіших напрямків вирішення проблеми виникнення травматизму та розвитку професійних захворювань, пов'язаних з впливом на організм працюючих небезпечних та шкідливих виробничих чинників, джерелами яких є зварювальні технології та матеріали. Цей напрямок — прийняття комплексу технічних і організаційних рішень на основі концепцій теорії ризику.

## Аппарат для ручной дуговой сварки Focus Stick 160E PFC

Однофазный аппарат Focus Stick 160E PFC для ручной дуговой сварки покрытым электродом (ММА) и аргонодуговой сварки (TIG) с вентильной горелкой используют при монтажных и ремонтных работах для выполнения прихваточных швов.

Аппарат имеет следующие встроенные функции.

*Горячий пуск* помогает установить дугу в начале сварки покрытым электродом. При этом увеличивается сила



сварочного тока сверх выставленного его значения. Это позволяет улучшить условия зажигания дуги и обеспечивает более быструю и качественную сварку.

*Динамический контроль* дуги обеспечивает после установления дуги и образования сварочной ванны поддержание стабильное устойчивое горение, что дает более равномерное сварное соединение. Компенсация реактивной мощности (PFC) снижает нагрузку на сеть, позволяет работать с предохранителем на 16 А.

● #1401

Промышленная группа «Дюкон» (Россия)

Техническая характеристика	
Напряжение сети ±15%, В	1×230 – 40 / +10%
Предохранитель, А	16
Диапазон регулирования силы тока, А	20–160
Рабочий цикл при температуре, °С:	
40	100 А — 100% / 120 А — 60% / 160 А — 30%
20	120 А — 100% / 150 А — 60% / 160 А — 35%
Напряжение холостого хода, В	70
Номинальная потребляемая мощность (максимальная), кВт·А	3,2 (5,6)
Диаметр электрода, мм	1,6–3,25
Габаритные размеры (В×Ш×Д), мм	230×150×410
Масса, кг	7,8
Класс защиты	IP23 (S)

## MEPS: Мировые цены на сталь будут расти следующие три года

Провожая 2013 г., аналитики британского консультативного агентства MEPS пообещали, что он станет «низшей точкой» нового цикла роста мировых цен на сталь. Стабильное улучшение экономического климата в странах с развитой экономикой и анонсированные МВФ радужные перспективы роста мировой экономики в целом обеспечат стабильный спрос на металлопрокат.

Несмотря на сокращение инвестиций в сталеплавильное производство, потребление железорудного сырья будет оставаться на высоком уровне, что гарантирует стабильно высокие цены на это сырье. Однако цена на железную руду может немного «просесть» из-за ожидаемого в следующем году резкого увеличения ее производства в Австралии и Бразилии.

В то же время цены на кокс будут уверенно повышаться, а на металлолом станут расти быстрее, чем когда-либо. Максимум цен на металлургические «входные» компоненты будет достигнут в 2017–2018 гг.

В MEPS уверены, что вышеперечисленные факторы позволят металлургическим компаниям уве-



ренно поднимать цены на сталь до 2016 г. включительно, невзирая на наличие огромного количества «лишних» мощностей. Кроме того, по мнению MEPS, любые сталелитейные заводы, даже если они и создают излишки стали, одновременно с этим потребляют такое же количество руды, что обеспечивает стабильные цены.

● #1402

www.rusmet.ru

## Инновационные решения в сфере защиты технологического оборудования от газообразного изнашивания с применением биметаллических листов SWIP®

24 января 2014 г. в городе Кривой Рог компания «Стил Ворк» совместно с Академией горных наук Украины и институтом электросварки им. Е. О. Патона НАНУ представили инновационные решения по защите технологического оборудования от газообразного изнашивания с применением биметаллических листов SWIP®.

В презентации приняли участие более 70 гостей: представители металлургических и коксохимических предприятий, горно-обогатительных комбинатов и теплоэлектростанций Украины и России, а также представители ведущих научно-исследовательских и проектных институтов и организаций.

Были заслушаны доклады представитель Института электросварки им. Е. О. Патона, Академии горных наук Украины, ГП «Укрспроммет» и ГП «Гипрококк», которые ознакомили участников с особенностями газообразного изнашивания, его видами, последствиями воздействия, а также предо-

ставили рекомендации по снижению негативных последствий данного вида изнашивания с использованием передовых технологий и последних разработок. Представители ООО «Стил Ворк» ознакомили присутствующих с основными видами деятельности компании, а также поделились опытом защиты технологического оборудования от газообразного изнашивания с использованием биметаллических листов SWIP®.

В завершение презентации все участники имели возможность посетить завод «Стил Ворк», ознакомиться с производственными мощностями, основным технологическим оборудованием, а также образцами готовой продукции, изготовленной из биметаллических листов, для различных видов промышленности. Особый интерес гостей вызвал экспериментальный образец сварного ротора нагнетателя Н7500 (экспаустера), изготовленный на заводе «Стил Ворк».

Презентация вызвала широкий интерес в научных и производственных кругах, который обязательно перерастет в дальнейшее плодотворное сотрудничество.

● #1403



## Новый председатель CISA считает, что эра быстрого роста в китайской металлургии завершилась

В 2014 г. темпы роста производства углеродистой стали в Китае замедлятся до 3,1% и достигнут 810 млн т. Такой прогноз озвучил Су Леян (Xu Lejiang), новый председатель China Iron and Steel Association (CISA).

Объем выплавляемой в Китае стали составляет больше половины мирового производства за счет стремительного роста экономики Поднебесной. Однако официальный Пекин намерен закрыть избыточные мощности в отрасли для сокращения зависимости страны от тяжелой индустрии.

Согласно данным Национального бюро статистики КНР, за 11 месяцев 2013 г. китайские металлургии выплавляли 712,9 млн т стали, превысив годовой объем на 7,8%. Но,

по словам нового главы CISA, эра быстрого роста в китайской сталелитейной отрасли уже завершилась, оставив после себя такие, например, проблемы, как перепроизводство.

«По мере стабильного роста урбанизации страны спрос на металлопродукцию будет понемногу увеличиваться, и мы ожидаем, что в 2014 г. производство стали достигнет 810 млн т, а видимое потребление — до 750 млн т, — сказал Су Леян. — Но ситуация с перепроизводством вряд ли сильно изменится в связи с продолжающимся избытком мощностей, замедлением роста инвестиций и спроса на готовую металлопродукцию», — подчеркнул он.

Напомним, что Су Леян также занимает пост председателя правления ведущего сталепроизводителя страны Baoshan Iron and Steel Group, материнской компании Baosteel.

● #1404

[www.metalinfo.ru](http://www.metalinfo.ru)



# Основы разработки технологии сварки плавлением

## 2. Приемы сварки\*

Г. И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона»

*Ранее уже отмечалось, что в общем виде технологию сварки можно представить как совокупность способов и приемов, используемых для получения сварного соединения. Решение вопросов свариваемости конкретного материала, обеспечение требуемого качества швов и соединений различных видов сварных конструкций при достаточной производительности является главной задачей технологии сварки.*

Технология сварки, как и многие другие технологии обработки материалов, оперирует с энергией, веществом, защитной средой, электродными, присадочными материалами и др., а также информацией. Именно посредством воздействия и взаимодействия потоков энергии, вещества и информации происходит преобразование предмета обработки. При этом поток энергии взаимодействует с потоком вещества и предметом обработки, а непрерывный информационный обмен осуществляется между всеми участниками процесса.

Выбранный способ сварки предопределяет вид и количество энергии и вещества, которые могут участвовать в образовании сварного соединения, поступая по определенному алгоритму или программе в рабочую зону. Для дополнительного воздействия на процессы образования сварного соединения используют различные технологические приемы сварки.

В зависимости от назначения можно выделить две группы приемов сварки:

- ◆ регулирование тепловложения в свариваемое изделие и его напряженно-деформированного состояния;
- ◆ обеспечение формирования и качества швов.

Приведенное разделение приемов на две группы является условным, так как зачастую один и тот же прием оказывает ком-

плексное влияние на процесс сварки и образование сварного соединения.

**2.1. Приемы, используемые для регулирования тепловложения в свариваемое изделие и его напряженно-деформированного состояния.** Способы сварки плавлением базируются на локальном действии источника нагрева на свариваемый металл в зоне сварного соединения. Происходит это под влиянием термического цикла. Термический цикл влияет на общую ширину зоны термического влияния (ЗТВ), отдельные ее структурные составляющие и в целом определяет механические свойства сварных соединений.

Деформационный цикл сварки является следствием воздействия термического цикла, под влиянием которого возникают остаточные напряжения и деформации. Деформационный цикл заметно влияет на свойства отдельных зон сварного соединения. Поэтому при сварке многих металлов и сплавов возникает необходимость регулирования тепловложения в свариваемое изделие. Тепловложение определяется мощностью и распределенностью (концентрацией мощности) источника нагрева.

В различных технологиях сварки тепловое воздействие на металл изменяется в широких пределах как в части мощности и распределенности источников, так и в отношении их перемещения и времени действия. При этом существенно изменяется характер распределения температуры в свариваемых изделиях, скорость их нагрева и охлаждения, течение термомеханических процессов.

При сварке желательно нагревать и расплавлять лишь минимальное количество металла, необходимое для образования соединений. Избыточное количество нагретого и расплавленного металла не только вызывает излишний расход энергии, но и расширя-

\*Продолжение.  
Начало в  
№ 1–6–2013,  
№ 1–2014.

ет зону структурных превращений в металле, увеличивает степень деформаций в изделии при сварке и приводит к другим неблагоприятным последствиям.

В рамках выбранного способа сварки тепловложение регулируют путем изменения базовых параметров режима сварки, оптимизируя значение погонной энергии или поперечное сечение отдельных проходов. Если возможности оптимизации режима конкретного способа сварки (дуговой – ДС, плазменной – ПС, лазерной – ЛС, электронно-лучевой – ЭЛС, газовой – ГС и термитной – ТС) ограничены или исчерпаны, а желаемый уровень тепловложения не обеспечивается, то прибегают к дополнительным приемам, позволяющим его регулировать (табл. 4).

Приемы П4-П6 особенно широко используют при ручной дуговой сварке плавящимся электродом (рис. 20). Сварка от середины к краям (прием П4) и особенно обратноступенчато, а также сварка с помощью приема П5 существенно уменьшают остаточные деформации сварных соединений. Снижению скорости охлаждения металла при сварке способствует сварка каскадом (прием П6), когда каждый последующий слой перекрывает весь предыдущий или его часть (рис. 20, д).

Сварку секциями (рис. 20, е, ж) рекомендуют при выполнении протяжных многослойных швов на металле толщиной более 20 мм и особенно на сталях, склонных к образованию холодных трещин.

При ручной и механизированной дуговой сварке низколегированных сталей толщиной 40–300 мм с  $\sigma_b \leq 700$  МПа используют прием П7, так называемую сварку поперечной «горкой» (СПГ) (рис. 21). В этом случае происходит автоподогрев наплавленного металла в районе горки и прилегающего основного металла до 300–650 °С. При СПГ каждый последующий валик нагревает (более 900 °С) предыдущий, еще горячий с не удаленным шлаком. Такой нагрев сильно замедляет кристаллизацию и рекристаллизационный распад аустенита с приближением его к изотермическому. Металл сварного соединения без последующей обработки отличается повышенной прочностью, пластичностью и вязкостью. Существенно снижаются угловые деформации.

Для управления кристаллизацией металла шва и термомодеформационным циклом

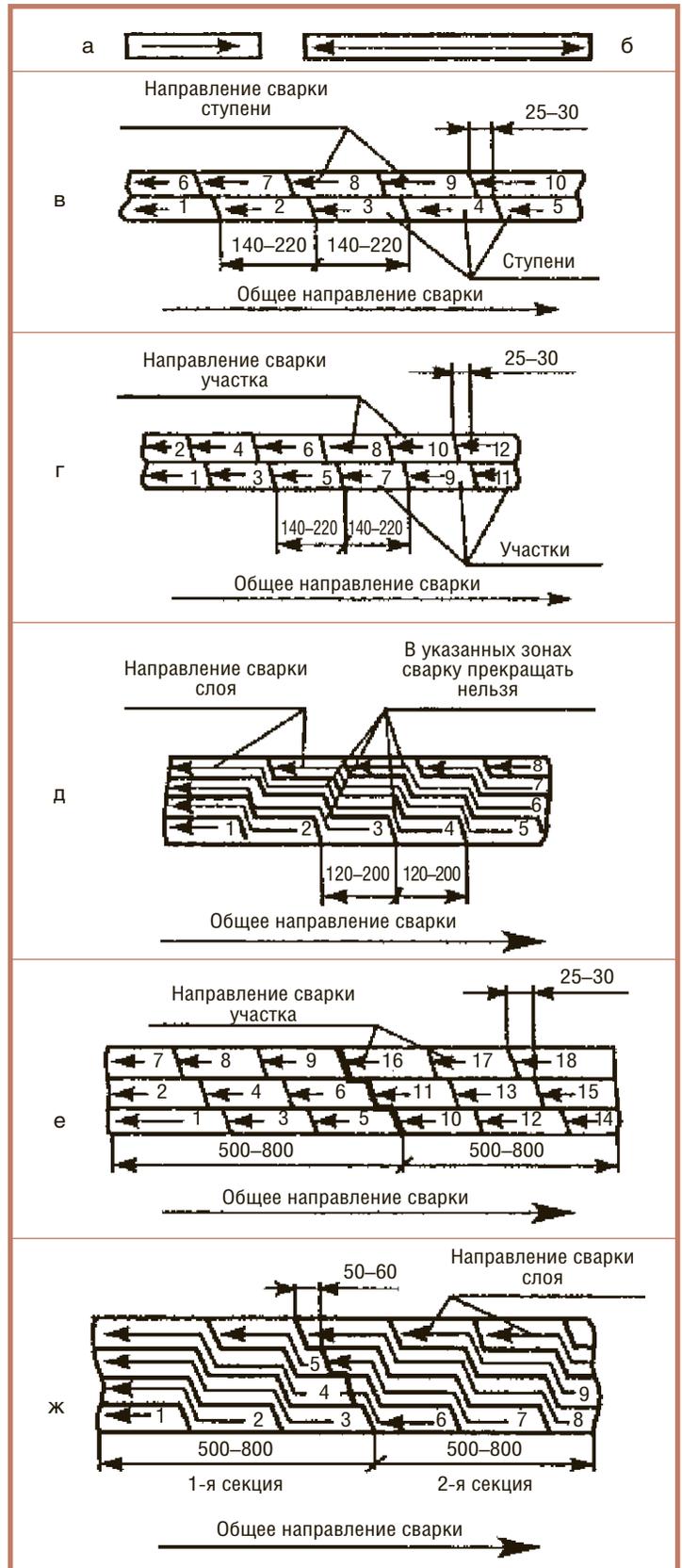


Рис. 20. Приемы выполнения швов ручной и механизированной дуговой сваркой: а — на проход; б — от середины к краям; в-обратно-ступенчатый; г — двойным слоем; д — каскадом; е — секциями двойным слоем; ж — секциями каскадом. Цифрами обозначена последовательность сварки каждой ступени (участка, слоя)

**Таблица 4. Основные приемы, используемые для регулирования тепловложения в свариваемое изделие и его напряженно-деформированного состояния**

Обозначение приема	Наименование приема	Способ сварки, в котором используют прием, и достигаемый эффект
П1	Применение прерывистых и точечных швов	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ГС Снижение остаточных деформаций. Повышение производительности сварки
П2	Уменьшение катета углового шва за счет использования более прочной электродной проволоки	ДС Снижение остаточных деформаций
П3	Изменение ширины зазора между стыкуемыми кромками и площади разделки	ДС, ЭШС Регулирование термического цикла и производительности сварки
П4	Выполнение швов от середины к краям	ДС, ПС, ГС Уменьшение остаточных деформаций
П5	Выполнение швов обратноступенчатым способом и двойным слоем	ДС, ГС Уменьшение остаточных деформаций
П6	Сварка швов каскадом и секциями	ДС Снижение скорости охлаждения металла шва
П7	Сварка поперечной горкой	ДС Снижение скорости охлаждения шва, обеспечение автоподогрева, повышение производительности
П8	Сварка порционно-дискретным формированием металла шва	ДС Управление кристаллизацией металла шва и термодформационным циклом
П9	Рациональная последовательность выполнения швов сварной конструкции	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ГС Уменьшение остаточных деформаций
П10	Сварка несколькими последовательно расположенными источниками нагрева в отдельные ванны	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС Наличие автоподогрева, возможность регулирования в широких пределах термического цикла, повышение стойкости металла шва к образованию горячих трещин, уменьшение опасности образования холодных трещин в ЗТВ, повышение пластических характеристик сварного соединения и производительности
П11	Сварка с предварительным и сопутствующим подогревом	ДС, ЛС, ГС, ЭШС Регулирование термодформационных циклов, улучшение микроструктуры металла ЗТВ, удаление диффузионного водорода, улучшение свариваемости различных марок сталей, медных и алюминиевых сплавов
П12	Сварка с дополнительным охлаждением	ДС, ГС, ЭШС Уменьшение остаточных деформаций и перемещений элементов сварных конструкций. Регулирование термодформационных циклов
П13	Статическое растяжение свариваемых элементов в процессе сварки	ДС, ПС, ЛС, ГС Уменьшение остаточных деформаций и перемещений
П14	Статический изгиб свариваемых элементов в процессе сварки	ДС, ПС, ЛС, ГС Уменьшение остаточных деформаций и перемещений
П15	Вибронагружение изделия в процессе сварки	ДС, ГС Снижение остаточных напряжений. Улучшение структуры металла шва и механических свойств
П16	Комбинация статического растяжения и вибронагружения свариваемых элементов	ДС, ГС Уменьшение остаточных деформаций и перемещений. Улучшение структуры металла шва и механических свойств
П17	Низкочастотная механическая проковка сварных швов в процессе сварки	ДС, ГС Регулирование напряженно-деформированного состояния. Улучшение механических свойств и служебных характеристик
П18	Высокочастотная (ультразвуковая) механическая обработка сварных швов в процессе сварки	ДС, ГС Регулирование напряженно-деформированного состояния и улучшение служебных характеристик
П19	Прокатка сварных швов в процессе сварки	ДС, ГС Снижение деформаций, повышение качества сварных соединений
П20	Сварка с низкочастотными колебаниями источника нагрева	ДС, ГС, ЭШС Регулирование тепловложения
П21	Сварка с остановкой источника нагрева в определенных зонах сварочной ванны	ДС, ГС, ЭШС Регулирование тепловложения

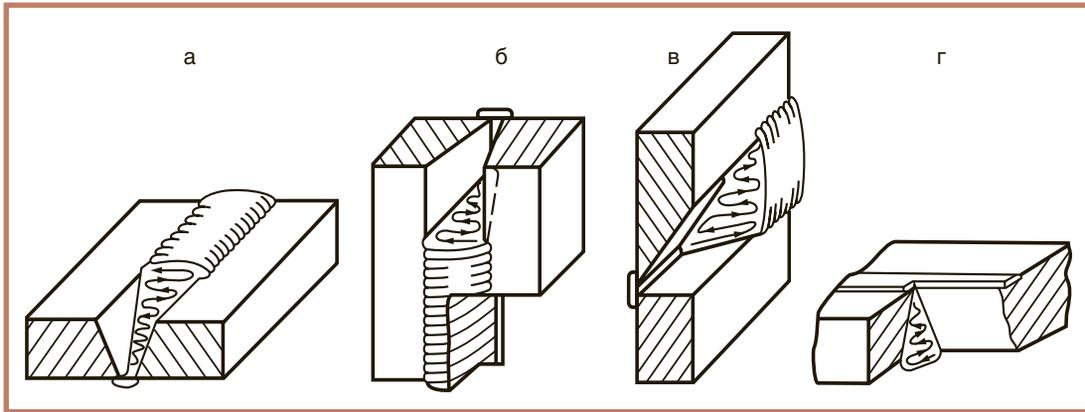


Рис. 21. Прием сварки поперечной «горкой» в нижнем (а), вертикальном (б), горизонтальном (в) и потолочном (г) положениях

при автоматической дуговой сварке предложен прием П8 порционно-дискретного формирования шва (рис. 22). В этом случае сварной шов формируют по длине или по высоте из отдельных взаимно перекрывающихся друг друга элементарных объемов металла (протяженность 1,0–1,5 см, масса 2–5 г). Очередной элементарный участок шва выполняют после кристаллизации и охлаждения предыдущего до температур, которые на 300–450 °С ниже, чем нижние значения температур интервала кристаллизации металла шва.

Наибольший интерес представляют следующие варианты формирования шва с использованием приема П8:

- ◆ формирование отдельных элементарных объемов без перемещения горячей дуги и электрода вдоль шва в периоды, когда дуга не горит (рис. 22, а);
- ◆ образование элементарных объемов при периодическом перемещении дуги вдоль шва, чередующихся с паузами, когда дуга не горит и электрод не перемещается (рис. 22, б);
- ◆ формирование элементарных объемов сварного шва по высоте из двух минислоев, при этом очередной такой слой также получают после кристаллизации предыдущего (рис. 22, в, г).

Сварку с дискретным формированием шва выполняют с газовой защитой или под флюсом. Продолжительность периодов горения дуги (импульсов)  $t_{и}$  составляет 0,5–5,0 с, а продолжительность пауз  $t_{п}$  между смежными периодами горения дуги 0,5–10,0 с.

Дискретное формирование швов за счет порционного тепловложения позволяет:

- ◆ измельчать первичную структуру при кристаллизации металла шва;

- ◆ изменять характер роста кристаллов;
- ◆ измельчать вторичную структуру шва и ЗТВ;
- ◆ повышать стойкость швов против образования горячих трещин даже при сварке на повышенных токах;
- ◆ повышать механические свойства сварных соединений.

Решение о рациональной последовательности выполнения швов (прием П9) принимает разработчик технологии сварки конкретной металлоконструкции на основе анализа ее конструктивно-технологических характеристик. Так, при сварке двутавровой балки в первую очередь сваривают стыковые швы стенки и поясов, а затем уже приваривают пояса к стенке угловыми швами. Если сварная двутавровая балка имеет ребра жесткости, то их приваривают к стенке до приварки стенки к поясам.

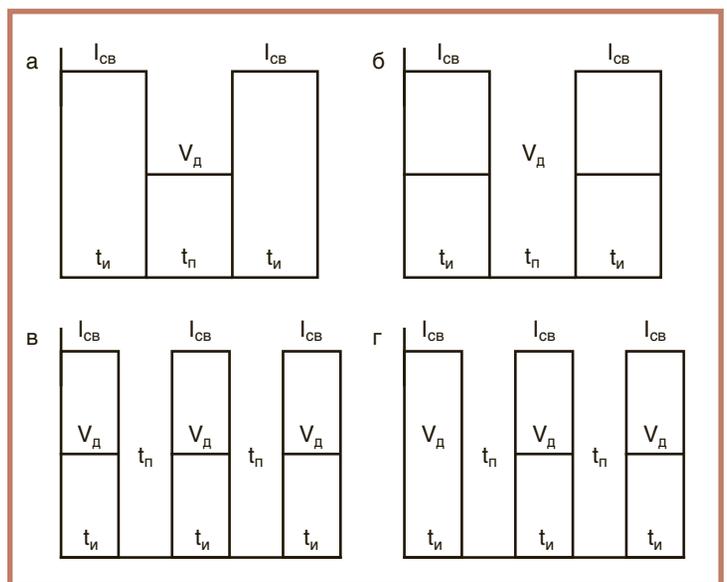


Рис. 22. Характерные циклограммы приема П8 сварки ( $V_{д}$ ,  $V_{э}$  — скорости перемещения дуги и электрода;  $t_{и}$ ,  $t_{п}$  — время импульса и паузы соответственно)

При сварке рамных решетчатых и других конструкций первоначально сваривают поперечные швы, соединяющие листы отдельных полос, а затем уже продольные соединяют между собой.

Задача рациональной последовательности выполнения швов объемных металлоконструкций различного типа решается проще при роботизированной сварке.

Сварка несколькими раздвинутыми однородными или разнородными источниками нагрева является весьма эффективным приемом (П10), но требует соответствующего оборудования. Наиболее распространена в варианте двухдуговой сварки.

Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом (прием П11) является весьма энергозатратным приемом, который используют в том случае, когда более простые решения не дают эффекта.

Охлаждение тонколистовых изделий в процессе сварки (прием П12) осуществляют подачей воды, обдувом газо-водяной смесью, применением охлаждающих подкладок и накладок в зажимных приспособлениях, теплоотводящих паст и др. В ряде случаев это один из основных приемов, позволяющих избежать остаточных деформаций с относительно небольшими затратами.

Приемы П13–П16 могут быть использованы при наличии специального оборудования, требующего достаточно больших капитальных затрат.

Что касается приема П17, он может быть реализован с помощью недорогого оборудования. Как правило, это пневматический или электромеханический молоток с соответствующим бойком. Проковку сварных соединений различных марок сталей с целью снижения остаточных сварочных напряжений можно проводить по горячему металлу сразу после сварки (температура не менее

450 °С) или после его остывания (температура 150 °С). При многослойной сварке проковку осуществляют послойно, за исключением первого слоя из-за опасности образования в нем трещин. Энергия удара бойка обычно составляет 6–16 Дж, а частота 1600–3500 ударов в минуту. Эффективность обработки увеличивается с ростом частоты ударов.

В последние годы используют проковку сварных соединений с помощью ультразвукового ударного инструмента (прием П18). Ультразвуковые колебания возбуждают специальным генератором с выходной мощностью 1 кВт и рабочей частотой 21–27 кГц.

В процессе выполнения многослойного шва производят послойную проковку с целью снижения в 3–4 раза остаточных сварочных напряжений.

Эффективным приемом, позволяющим снизить остаточные напряжения и деформации и, соответственно, повысить работоспособность металлоконструкции, является прокатка еще не остывших сварных соединений (П19). Такой прием может быть использован при изготовлении тонкостенных изделий простой геометрической формы (обечайки, плоские конструкции и др.). Поскольку сварное соединение остывает быстро, цикл сварки и прокатки жестко синхронизирован. Применяемое оборудование достаточно громоздко.

При ручной и механизированной дуговой, газовой и электрошлаковой сварке для регулирования тепловложения в свариваемое изделие широко используют низкочастотные колебания источника нагрева (прием П20). В ряде случаев в процессе колебаний осуществляют остановки источника нагрева (П21), что позволяет локально регулировать термический цикл в различных зонах сварного соединения. ● #1405

*Продолжение в следующих номерах журнала*

## ПОЗДРАВЛЯЕМ!

В мае исполняется 50 лет со дня создания кафедры «Оборудование и технологии сварочного производства» Запорожского Национального Технического Университета. Коллектив предприятия «Триада», состоящий из выпускников разных лет (выпуски 1969–2012 гг.), сердечно поздравляет родную кафедру с золотым юбилеем и желает долгих и эффективных лет работы на благо экономики страны. Именно в учебных заведениях определяется интеллектуальный потенциал, закладывается фундамент для роста и развития всего промышленного комплекса Украины!

Коллектив предприятия «Триада»



# ДП «ЕКОТЕХНОЛОГІЯ»

Київ 03150 вул. Горького, 62 sales@et.ua, equip@et.ua www.et.ua  
тел./факс +380 44 200 8056 (багатоканальний), 289 21 81, 287 26 17, 287 27 16



зварювальні матеріали • зварювальне обладнання • газополуменева обробка металів • зварювальні матеріали

Більш ніж 1000 найменувань  
промислових товарів  
кращих вітчизняних та іноземних виробників

## ВСЕ КРАЩЕ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ



# Электронный справочник для разработки технологии контактной точечной сварки

П. М. Руденко, В. С. Гавриш, кандидаты техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

*В Институте электросварки им. Е. О. Патона создан электронный справочник в виде компьютерной программы для разработки технологии контактной точечной и шовной сварки изделий из низкоуглеродистой стали с разными видами покрытий на основе цинка, алюминия и свинца с толщиной листа от 0,4 до 3 мм. В справочнике использованы материалы Международного института сварки, зарубежные руководства по сварке и собственные исследования ИЭС им. Е. О. Патона.*

По введенным в программу данным о толщине свариваемых листов и виде покрытия выдаются рекомендации относительно параметров режима сварки, марки сплава электродов, зачистки рабочей поверхности электродов, постановки сварных точек на изделии, технических характеристик сварочной машины, испытаний образцов для контроля качества сварки. Рекомендуемый режим может быть скорректирован в случае несоответствия технических характеристик имеющейся и предлагаемой сварочной машины.

В программе реализован также алгоритм уточнения выбранного режима по данным, полученным при сварке технологических образцов. После сварки каждой точки диаметр литого ядра, глубина вмятины от электрода, информация о наличии (отсутствии) выплеска и нарушении защитного покрытия вводятся в компьютер, который рассчитывает параметры режима для следующего эксперимента. С помощью справочника можно также подобрать форму электрода из каталога известных их видов.

Разработанная программа проста в эксплуатации и не требует изучения каких-либо инструкций по применению. Программа может быть установлена на устройстве с операционной системой АНДРОИД — смартфон, планшетный компьютер или на офисных компьютерах и ноутбуках с операционной системой WINDOWS.

В случае использования программы совместно с компьютерной системой управления КСУ КС разработки ИЭС им. Е. О. Патона данные режима сварки и контроля процесса в реальном времени могут быть введены в систему управления по последовательному каналу связи (рисунок).

КСУ КС предназначена для управления циклом сварки и контроля процесса применительно к стационарным и подвесным одно- и двухпостовым машинам переменного тока и выполняет следующие функции:

- ◆ задание и выполнение циклограммы режима сварки: предварительное сжатие, сжатие, сварка 1 с модуляцией тока 1, охлаждение, сварка 2 с модуляцией тока 2, ковка с включением ковки во время прохождения тока, пауза;
- ◆ управление тиристорным контактором и четырьмя (две пары) электропневматическими клапанами;
- ◆ компенсация изменения напряжения питающей сети;
- ◆ стабилизация действующего значения силы сварочного тока или напряжения между электродами;
- ◆ автоматическая настройка на  $\cos(\varphi)$  сварочной машины;
- ◆ измерение силы сварочного тока, напряжения между электродами и напряжения питающей сети;
- ◆ контроль качества сварки по допустимым отклонениям силы сварочного тока и/или напряжения между электродами и/или прогнозирование диаметра ядра сварной точки по математической модели;
- ◆ хранение в памяти системы восьми заданных режимов сварки при отключении напряжения питания;
- ◆ автоматический выбор любого из восьми заданных режимов от внешнего сигнала управления;
- ◆ самодиагностика системы;

- ♦ связь с персональным компьютером через канал последовательного обмена RS232 или RS485;
- ♦ программная защита от несанкционированного доступа к заданию параметров режима сварки;
- ♦ защита выходных цепей управления ЭПК, тиристорным контактором и т.п. от перегрузок.

Система имеет удобную панель управления с мембранной клавиатурой и жидкокристаллическим дисплеем, что обеспечивает простоту и наглядность задания сложной циклограммы процесса сварки. Наиболее эффективно применение КСУ КС 02 при производстве конструкций ответственного назначения и сертификации сварочного производства.

При управлении одновременно двумя парами сварочных клещей в автоматической линии, в том числе роботизированной, когда на этих клещах проводят сварку разных точек на конструкции, в памяти системы задается несколько режимов сварки (до восьми). Внешним переключателем или автоматически при работе со сварочным роботом-манипулятором выбирают номер требуемого режима сварки в зависимости от свариваемой точки на конструкции.

Для компенсации износа электродов режим сварки корректируют с учетом состояния их поверхности. Данные о процессе сварки на каждом сварочном посту могут быть переданы в центральную систему управления на основе промышленного компьютера. Для связи в этом случае используют последовательный канал RS485/RS232, для связи с планшетным компьютером — конвертор USB-RS232.

КСУ КС 02 достаточно универсальное устройство, имеет семь дискретных входов 24 В по 10 мА, семь дискретных выходов 24 В до 5 А и два аналоговых входа, не считая внутреннего канала измерения напряжения питающей сети. Все перечисленные входы и выходы гальванически разделены и при модернизации программного обеспечения КСУ КС 02 могут быть использованы произвольно. Таким образом, возможно применение КСУ КС 02 для контактных точечных машин, которые требуют отработки специальных алгоритмов управления. При некоторой модернизации эта система может быть использована



Рисунок. КСУ КС и планшетный компьютер с программой электронного справочника

**Техническая характеристика КСУ КС 02**

Длительность программируемых операций, период	0–100
Сила тока сварки и подогрева, % или кА	20–95; 2,0–25,0; 4,0–50,0
Количество импульсов тока	0–100
Количество точек до корректировки сварочного тока для компенсации износа электродов	50–10000 с кратностью 50
Погрешность стабилизации, %: напряжения сети в диапазоне (–15 +5)% сварочного тока	±3,0 ±3,0
Погрешность определения диаметра ядра сварной точки, %	±8,0
Параметры питания электропневматических клапанов и сигнализации: напряжение, В/сила тока, А	24/0,5
Напряжение питания, В	380
Габаритные размеры, мм	295×150×290
Масса, кг	Не более 8,0

также для управления стыковой сваркой оплавлением.

Система управления является универсальной, и совместно с электронным справочником ее можно применять для различных типов машин контактной сварки и сварочного производства, например, в автомобилестроении, сельхозмашиностроении, приборостроении, авиастроении и т. п.

● #1404

# Защита органов дыхания при сварочных работах

К. Чернышук, технический эксперт СИЗ, ООО «3М Украина» (Киев)

*Важным моментом, не менее важным, чем защита органов зрения, в процессе сварочных работ является защита органов дыхания сварщика. Во время работы сварщик должен быть защищен сварочной маской. Она может быть с простой линзой, которая имеет постоянный уровень затемнения, или с фильтром автоматического затемнения, где степень затемнения и ряд других настроек можно регулировать. Что же касается респираторной защиты, то без нее невозможно работать, несмотря на дискомфорт. Сила привычки способствует тому, что человек через какое-то время перестает обращать внимание на облако сварочного дыма, в котором он работает и которым дышит. Хотя практически каждый сварщик знает, что в состав сварочного дыма может входить масса токсичных соединений, содержание которых на рабочем месте зачастую значительно превышает предельно допустимые концентрации.*

Осознавая опасность, сварщик, чтобы защитить свое здоровье, должен правильно выбрать средство защиты. Практически любой производитель респираторов заявляет о том, что его продукт надежно защищает от сварочного дыма... Однако давайте разберемся в этом вопросе более детально.

Сварочный дым — это аэрозоль.

*Справка:* аэрозоль — дисперсная система, состоящая из взвешенных в газовой (дисперсионной) среде, обычно в воздухе, мелких частиц (дисперсной фазы). Аэрозоли, дисперсная фаза которых состоит из капель жидкости, называются туманами, а состоящие из твердых частиц, если они не выпадают в осадок, — это дымы (свободнодисперсные аэрозоли) либо пыль (грубодисперсные аэрозоли). Когда производитель говорит, что его продукт противоаэрозольный респиратор и защищает от аэрозолей — это так, но это не решает проблему. Справедливый вопрос — почему?

Потому что сварочный дым это не только дым, это также газы (угарный газ, оксиды азота и т.д.) и испарения металлов. В его состав также входит озон, большое количество которого образуется во время воздействия сварочной дуги на воздух. Молекулы газов и паров значительно меньше по размеру, чем аэрозольные частицы, и не могут улавливаться фильтровальным материалом за счет механического удерживания или электростатического взаимодействия.

Такие соединения могут отфильтровываться из воздуха в процессе адсорбции, в случае использования противоаэрозольного респиратора в качестве адсорбентов могут выступать разнообразные матери-

лы с высокой удельной поверхностью. Наиболее часто используемый материал — пористый углерод, более распространенное название — активированный уголь.

Что же касается других особенностей, которые необходимо учитывать при правильном выборе респиратора для сварочных работ, стоит обратить внимание на «резинки», за счет которых респиратор держится на лице. Они должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать жесткий режим эксплуатации. Желательно, чтобы резинки регулировались по длине, это сделает респиратор удобным при использовании. Очень важно, чтобы поверхность респиратора не поддерживала горение. Лицо сварщика, а соответственно и респиратор, находятся в непосредственной близости от сварочной дуги — в зоне действия высоких температур, на респиратор может попадать большое количество искр, особенно при ручной дуговой сварке.

Наличие клапана выдоха делает работу в респираторе более комфортной — через клапан хорошо отводится избыточная тепло и влага. Желательно, чтобы выдыхаемый воздух направлялся вниз — это снизит риск запотевания линзы в сварочной маске.

Отдельное внимание необходимо уделить защите от озона. Этот газ (аллотропная модификация кислорода) образуется при воздействии сварочной дуги на кислород, находящийся в воздухе. Озон — сильнейший окислитель, способный образовывать свободные радикалы, и крайне токсичен. Его относят к первому, самому высокому классу опасности вредных веществ.

*Справка:* предельно допустимая концентрация (ПДК) озона в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

Согласно научным данным, постоянное воздействие озона на организм человека может приводить к преждевременной смерти.

Исходя из этого, крайне важно выбирать средство защиты, действительно обеспечивающее защиту от озона. При выполнении сварочных работ простого респиратора со слоем активированного угля недостаточно. Необходимо, чтобы респиратор или другое средство индивидуальной защиты органов дыхания прошло соответствующие испытания — уровень защиты от озона обязательно должен регламентироваться и указываться в сопроводительной документации. ● #1405

**ООО «3М Украина»**

ул. М. Амосова, 12, 03680, г. Киев, Украина

Тел. + 38 044 490-57-77

Факс + 38 044 490-57-75

**3M**

[www.3m.ua](http://www.3m.ua)

Публикуется на правах рекламы



# Респиратор сварщика для защиты от сварочных дымов

серии 3M™ 9925 и 9928

Респираторы 3M™ 9925 и 9928 обеспечивают защиту органов дыхания от сварочных аэрозолей, дымов металла, пыли и туманов с дополнительной защитой от органических паров и озона.

Преимущества респираторов 3M™ 9925 и 9928:

- ✓ Слой активированного угля, который обеспечивает защиту от озона и специфичных запахов
- ✓ Клапан выдоха 3M™ Cool Flow™, который не дает влаге накапливаться в подмасочном пространстве
- ✓ Регулируемые лямки с 4-точечным креплением и обжимной носовой пластиной
- ✓ Внешняя поверхность респиратора имеет огнестойкое покрытие
- ✓ Совместимость со сварочными щитками

\*Степень защиты: до 10 x ПДК для Озона, до 12 x ПДК для твердых и жидких частиц  
\*Уровень защиты: FFP2



Высокоэффективный материал фильтра 3M™



Регулируемые ремешки с пряжками



Клапан 3M™ Cool Flow™



Уплотнитель для лица (только 9928)



Активированный уголь

3M Украина  
03680 Киев, ул. Амосова, 12, 7-ой этаж  
Тел.: +38(044)4905777  
Факс: +38(044)4905775  
www.3M.ua

# Плазмотронная техника. Этапы развития

С. В. Петров, д-р техн. наук, Институт газа НАН Украины

*Статья является результатом обобщения многолетнего опыта автора по разработке плазменного электродугового оборудования, а приведенные положения и выводы вытекают из успешных проектов и отражают лишь собственное мнение без претензии на бесспорность. В данном случае речь пойдет о плазмотронной технике применительно к реализации так называемых родственных сварке процессов и технологий.*

Начнем анализ с успешного развития в бывшем СССР процесса плазменного напыления с использованием в качестве плазмообразующего газа смеси воздуха с горючим углеводородным газом (метаном, пропан-бутаном). Оно ознаменовалось серийным выпуском аппаратуры — сначала «Украина», затем «Киев-7», которая получила широкое распространение. Серийное производство установки плазменного напыления «Киев-7» мощностью 80 кВт в количестве 300 шт. в год было организовано в 1985 г. на Барнаульском аппаратурно-механическом заводе. Ей предшествовала установка высокопроизводительного плазменного напыления «Украина», которая создавалась в начале 1980-х годов совместно Институтом газа НАН Украины и ДонНИИчерметом для нужд предприятий черной металлургии.

В разработке аппарата «Киев-7» принимали участие ИЭС, Институт газа (Киев), ВНИИавтогенмаш (Москва). Основной элемент установки — плазмотрон ПУН-1 (плазмотрон универсальный напылительный) разработан Институтом газа и ИЭС. Плазмотрон выполнен по трехэлектродной схеме с одиночной удлиненной межэлектродной вставкой. На создание установки «Киев-7» с доведением ее до промышленного образца ушло в общей сложности два года. Параллельно в НПО «ВИСП» (Киев) было создано комплектное оборудование для нанесения плазменных покрытий, которое включало полуавтоматы для абразивоструйной обработки деталей модели 487 р и 2201П, для плазменного напыления модели 15В-Б и 3201 П, а также для оплавления плазменных покрытий с нагревом токами высокой частоты мо-

дели 220 СМ. Уже более 25 лет эти плазменные комплексы работают на различных предприятиях.

В развитие доказанных и проверенных на практике технологии и оборудования для плазменного напыления на базе установки «Киев-7» в начале 1990-х годов Институтом газа был разработан плазмотрон для сверхзвукового высокопроизводительного напыления мощностью 160 кВт, который, по существу, был развитием идеологии плазмотрона ПУН-1. В ИЭС под указанный плазмотрон разработали проект установки плазменного напыления «Киев-С». Был проведен большой объем испытаний, которые показали, что такая аппаратура гарантирует лучшее качество газотермических покрытий, экономична, надежна и доступна для широкого потребителя. Однако тогда, в период спада производства, эта передовая разработка оказалась невостребованной.

Возросший интерес к технологии плазменного поверхностного упрочнения был связан с проблемой изнашивания колес подвижного железнодорожного состава. На железных дорогах в начале 1990-х годов наблюдалось катастрофическое изнашивание гребней колес и боковых поверхностей рельсов. Глубинные причины этого явления однозначно не были вскрыты, поскольку проблема бокового изнашивания обостряется при неконтролируемом изменении целого ряда параметров пути и подвижного состава. Из-за нехватки колес железная дорога находилась перед угрозой остановки движения. Технология плазменного поверхностного упрочнения стала радикальным средством наиболее быстрого и дешевого решения проблемы как повышенного изнашивания колес, так и снижения прямых эксплуатационных расходов железных дорог.

На базе плазмотрона ПУН-1 научно-производственное предприятие «ТОПАС» разработало двухмодульную установку высокопроизводительной поверхностной закалки УВПЗ-2М (рис. 1). Процессы плазменно-

го напыления и поверхностного упрочнения предъявляют различные требования к плазмотрону. В первом случае генерируемая струя плазмы должна обеспечить эффективные разгон и разогрев напыляемого дисперсного материала, во втором — заданный из условий требуемых размеров и структуры упрочненной зоны термический цикл нагрева и охлаждения компактного материала. Плазмотрон доработали исходя из известных критериальных зависимостей теплообмена, математического моделирования процесса упрочнения и экспериментальной оптимизации. В 1996 г. технология плазменного поверхностного упрочнения прошла опытную эксплуатацию в локомотивных депо Львов-Запад и Киев пассажирский. Сравнение плазменно упрочненных гребней с упрочненными стандартными способами при одинаковых условиях эксплуатации показало двукратное снижение темпов изнашивания гребней. После этого было принято решение о расширении масштабов использования технологии плазменного поверхностного упрочнения гребней колесных пар.

В 1997 г. был организован серийный выпуск установок УВПЗ-2М. Все установки работали в условиях типовых депо, поэто-

му оборудование и технология полностью обеспечивали гарантированное улучшение всех механических характеристик упрочненного колеса. Кроме того, на базе плазмотрона ПУН-1 научно-производственное предприятие «ТОПАС» разработало аппаратуру для плазменного напыления, построенную на унифицированной блочно-модульной основе, «ТОПАС 40», «ТОПАС 80», «ТОПАС 160». Установка плазменного напыления «ТОПАС 40» была укомплектована плазмотронами мощностью 40 кВт в ручном и машинном исполнениях для напыления внешних и внутренних поверхностей (рис. 2). Плазмотрон выполнен с одиночной межэлектродной вставкой и рекуперативным охлаждением, может работать на дозвуковом и сверхзвуковом режимах. Для напыления можно использовать порошковые материалы и проволоку. Установка плазменного напыления «ТОПАС 80» со сверхзвуковым плазмотроном мощностью 80 кВт в машинном исполнении предназначена для эксплуатации в составе механизированных и автоматизированных комплексов. Установка плазменного напыления «ТОПАС 160» со сверхзвуковым плазмотроном мощностью 160 кВт в машинном ис-



Рис. 1. Установка высокопроизводительной поверхностной закалки УВПЗ-2М: а — процесс напыления; б — модули установки



Рис. 2. Плазматроны для внутреннего и наружного напыления (а) в установках плазменного напыления «ТОПАС 40» в составе полуавтоматов для напыления ООО «Оберт» (б)

полнении предназначена для эксплуатации в составе механизированных и автоматизированных комплексов. Может быть использована во всех случаях, когда необходимо высококачественное покрытие при высокой производительности — до 50 кг/ч. Для реализации технологии плазменного напыления с использованием установок «ТОПАС 40», «ТОПАС 80», «ТОПАС 160» ОАО «УкрИСП», затем ООО «Оберт» (Киев) разработали полуавтоматы камерного типа с программным управлением, состоящие из камеры напыления и аспирационной уста-

новки. Управление полуавтоматами осуществляется с помощью систем ЧПУ.

В последние годы на базе плазматрона ПУН-1 наиболее высокий уровень аппаратного исполнения реализован в установках плазменного напыления защитных покрытий PLAZER 80 со сверхзвуковым плазматроном мощностью 80 кВт и PLAZER 160 со сверхзвуковым плазматроном мощностью 160 кВт (рис. 3).

Приведенный неполный перечень технологических плазменных установок в их развитии на базе плазматрона ПУН-1 сви-



Рис. 3. Установка плазменного напыления PLAZER 160 со сверхзвуковым плазматроном мощностью 160 кВт

детельствует о том, что разработка новых аппаратурных модификаций является относительно простой инженерной задачей. Если двадцать лет тому назад на разработку уходили годы труда больших коллективов, то в современных условиях задача решается небольшой группой специалистов в течение нескольких месяцев. Значительно сложнее обстоит дело с разработкой принципиально новых плазменно-дуговых устройств.

Рассмотрим два подхода к решению двух разных задач с помощью плазменных технологий. Первый подход был реализован при создании комплекса для переработки опасных и вредных отходов с помощью электродуговой плазмы. Особое внимание было уделено плазмотрону как главному наукоемкому элементу технологической схемы, в которой требуется плазмотрон мощностью 120 кВт, работающий на воздухе и водяном пару. Основными требованиями к такому плазмотрону являются максимально возможный ресурс непрерывной работы, высокая надежность и простота в эксплуатации. Кроме того, такой плазмотрон должен одинаково эффективно рабо-

тать на различных плазмообразующих средах — от чистого воздуха (кислорода) до чистого водяного пара в широком диапазоне регулирования вкладываемой электрической мощности. Сначала были выполнены приближенные оценочные расчеты с использованием известных критериев подобия, затем разработана специальная программа для расчета параметров. Основная проблема в том, что режим течения в канале плазмотрона турбулентный. А турбулентное течение — наиболее сложная область физики и инженерии и во многих случаях не поддается математическому описанию. По существу, на ламинарной модели было получено множество различных зависимостей с иллюстрациями вида (рис. 4).

Однако конструкторы и технологи при разработке плазмотрона практические рекомендации от достаточно большого объема выполненных расчетов не получили. В дальнейшем потребовалось несколько лет проб и ошибок, чтобы создать работающий промышленный паровой плазмотрон в первоначальном внешнем виде. Вся система энергообеспечения такого плазмотрона

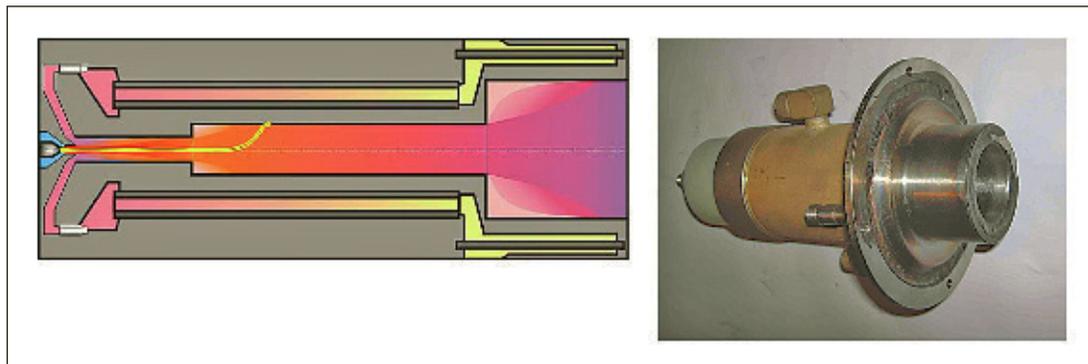


Рис. 4. Моделирование парового плазмотрона и плазмотрон мощностью 120 кВт

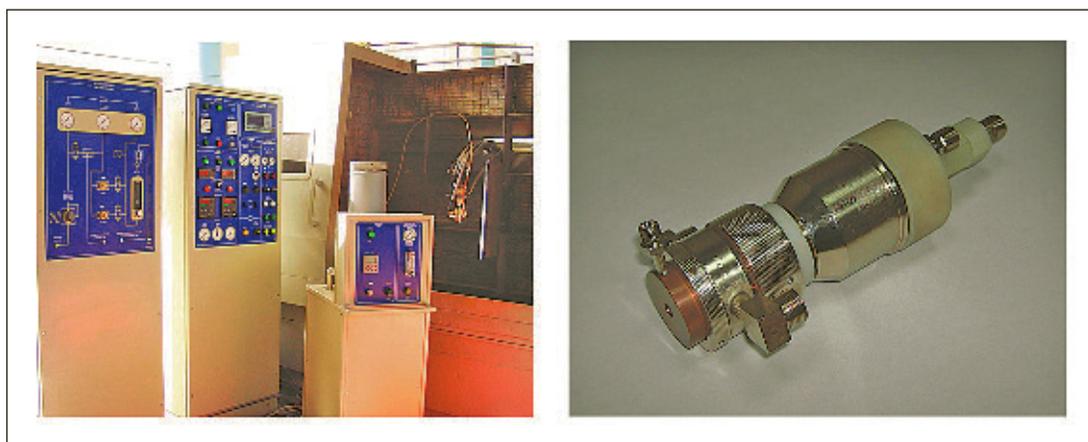


Рис. 5. Аппаратура для установки плазменной переработки отходов с паровым плазмотроном

с компьютерным управлением (рис. 5) была разработана и изготовлена в считанные месяцы и осталась без изменений.

Второй подход был реализован при создании высокопроизводительного (50 кг/ч) комплекса непрерывного производства поликристаллического кремния солнечного качества плазмохимическим пиролизом кремнийсодержащего газа прекурсора. Как и в предыдущем случае, особое внимание было уделено плазмотрону как главному элементу технологической схемы, в которой требуется плазмотрон мощностью 150 кВт, работающий на водороде. Как альтернатива математическому моделированию для более реалистичного описания характеристик плазмотрона было использовано полное 3D моделирование, в котором за основу была взята программа FLUENT® для вычисления динамики течений (the computational fluid dynamics CFD). Расчеты выполнены в предположении локального термодинамического и термохимического равновесия. Получены полные поля температур, скоростей и те-

пловых потоков в плазмотроне и реакторе (рис. 6). На этой основе были разработаны плазмотрон и система управления (рис. 7).

Требования к плазмотрону применительно к производству солнечного кремния чрезвычайно высоки. В первую очередь, это обеспечение высокой чистоты продукта и минимизация примесей. В электродугowych плазмотронах невозможно полностью исключить эрозию материала электродов, но задача в том, чтобы снизить ее до уровня, обеспечивающего содержание в полученном кремнии вольфрама и меди не более 5 ppbw. С использованием CFD 3D моделирования удалось обеспечить работу термоэмиссионного катода в режиме рециркуляции, а анода — с диффузной привязкой разряда, что позволяет выполнить вышеуказанное условие. Известно, что водородная дуга по своей природе чрезвычайно неустойчива, вероятно самопроизвольное потухание. Очевидно, что это свойство водородной дуги вступает в конфликт с требованием к реактору непрерывного производ-



Рис. 6. Прямое численное моделирование турбулентного течения и теплообмена в водородном плазмотроне мощностью 150 кВт

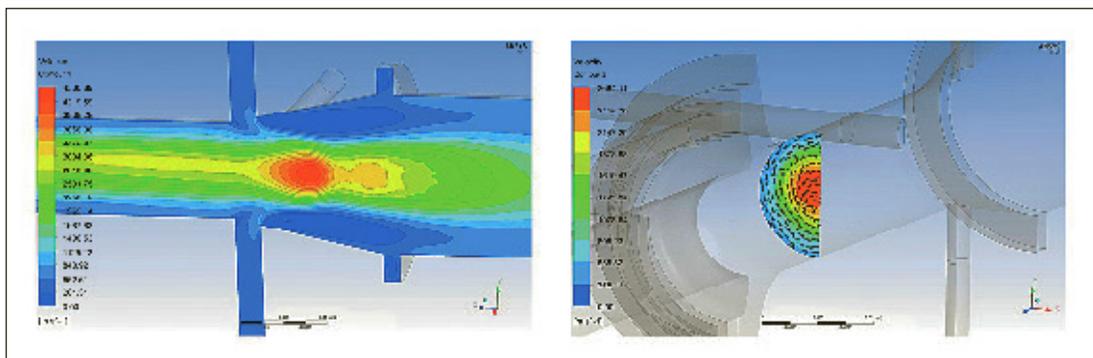


Рис. 7. Водородный плазмотрон с системой управления установкой непрерывного получения высокочистого поликристаллического кремния

ства кремния. Благодаря реалистичной картине процессов в плазмотроне и реакторе стало возможным спроектировать и изготовить плазмотрон, удовлетворяющий вышеуказанным требованиям.

Преимущество систем плазменной обработки материалов — это высокая энергетическая эффективность, низкие массо-габаритные показатели оборудования, высокие скорости технологических процессов. Долгое время плазменная обработка считалась пригодной лишь для периодических процессов. Но сейчас ее начинают применять и в непрерывных процессах, причем сфера их использования постепенно расширяется. Сегодня плазмотроны мощностью до 500 кВт уже могут надежно работать около тысячи часов.

Несмотря на большое многообразие предлагаемых конструктивных решений, накопленный расчетный и экспериментальный материал, промышленная эксплуатация продемонстрировала, что число электродуговых плазмотронов ограничено. Основная проблема, которая ставила в тупик не только разработчиков плазмотронов, но и инженеров, занятых устройствами с тече-

нием различных сред, это турбулентность. Ее появление вызывает радикальные изменения в течении — широкий ряд физических воздействий от желательных до вредных. Флуктуации всех параметров потока, связанные с турбулентностью, повышают напряжения Рейнольдса по усредненному течению. Для широкого практического использования при оценочном описании турбулентных величин наиболее удачной моделью турбулентности считается  $k-\epsilon$  модель. В ней используется система двух нелинейных диффузионных уравнений — для массовой плотности турбулентной энергии  $k$  и скорости диссипации турбулентной энергии  $\epsilon$ . При анализе основная проблема состоит в выборе эмпирических констант  $k-\epsilon$  модели для описания достаточно широкого класса сжимаемых турбулентных течений в присутствии дугового разряда. Вместе с тем, прямое численное моделирование позволяет более осознанно подойти к правильному выбору геометрии дугового канала, системы охлаждения и материалов плазмотрона.

● #1406



МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# СТАНКОСТРОЕНИЕ

14-17 октября 2014 Крокус Экспо, Москва

При поддержке: МИНПРОМТОРГА России, Торгово-промышленной Палаты Российской Федерации Московской торгово-промышленной палаты, Союза машиностроителей России



## Тематика выставки:

Металлообрабатывающие станки, кузнечно-прессовое оборудование, инструмент, автоматические линии, робототехника, комплектующие изделия, литейное производство, сварочное оборудование, обработка листового металла, лазерные технологии, измерительные приборы, программное обеспечение, деревообрабатывающее оборудование

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОТ ВЕДУЩИХ КОМПАНИЙ

Организатор  
выставки:  
СОО «Райт Солюшн»



+7 (495) 988-27-68  
info@stankoexpo.com  
[www.stankoexpo.com](http://www.stankoexpo.com)

Генеральный информационный  
спонсор:



# Сравнение автоматизированной плазменной и кислородной резки на машинах с ЧПУ низкоуглеродистых и низколегированных сталей малой толщины

С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, А.И. Коровченко, В.А. Олейник, Т.Б. Золотопупова, ПАО «НКМЗ» (Краматорск)

*Перед специалистами бюро газопламенной обработки металлов ПАО НКМЗ была поставлена задача: сравнить процесс плазменной и кислородной резки на машинах с ЧПУ низколегированных и низкоуглеродистых сталей толщиной менее 5 мм, а также повысить качество вырезаемых заготовок.*

При анализе существующих технологических процессов было установлено, что из-за сравнительно небольшой скорости кислородной резки заготовок из низколегированных и низкоуглеродистых сталей толщиной до 5 мм происходит оплавление верхней кромки реза, деформация листа и увеличение зоны термического влияния (прилегающий к кромке металл подвергается тепловому воздействию). В результате на некоторой глубине от поверхности реза происходят металлургические изменения, влекущие за собой изменение свойств металла, — это снижение прочности и пластичности. При кислородной резке снизу листа образуются наплывы расплавленного металла, которые требуют последующего удаления и зачистки.

В данной статье рассматривается возможность замены кислородной резки низколегированных и низкоуглеродистых марок сталей малых толщин на плазменную.

Одним из основных параметров, влияющих на процесс резки, ее стоимость и качество вырезаемых заготовок, является плазмообразующая среда. Изменение ее качественного состава позволяет существенно изменять основные технологические показатели процесса и, в первую очередь, скорость и качество резки.

Состав плазмообразующей среды дает возможность регулировать ширину реза и скорость резки, а также создавать наиболее благоприятные условия для удаления рас-

плавленного металла из полости реза, тем самым позволяет предотвращать образование грата на нижних кромках разрезаемого листа или легко его удалять. Состав плазмообразующей среды сильно влияет на физико-химические процессы на поверхности реза, от него также зависят степень и глубина насыщения стенок реза различными газами.

При плазменной резке к рабочим средам предъявляют следующие требования:

- ◆ обеспечение надежного зажигания дуги и ее стабилизации;
- ◆ эффективное преобразование электрической энергии в тепловую и передача ее разрезаемому металлу;
- ◆ обеспечение стойкости рабочего электрода;
- ◆ надлежащее качество поверхности реза;
- ◆ экономичность и доступность смеси, безопасность ее применения.

Основные газы, применяемые для плазменной резки, — азот, аргон, водород, воздух, гелий и кислород. Исследования показали, что однокомпонентные плазмообразующие среды нецелесообразно использовать при плазменной резке.

Азот в качестве самостоятельной плазмообразующей среды можно использовать только в тех ситуациях, когда скорость и качество резки не играют существенной роли. Аргон не применяют из-за плохих режущих свойств дуги и относительно высокой стоимости. Гелий — дорогой газ. Кислород с трудом обеспечивает длительную работу катода. Водород дает весьма низкую стойкость сопла плазмотрона. Воздух требует применения дополнительного оборудования для очистки.

Использование двухкомпонентных плазмообразующих смесей обосновано тем, что

подбор соответствующих компонентов и их соотношения в смеси обеспечивает оптимальные параметры дуги как с энергетической точки зрения, так и с точки зрения стабильности горения дуги.

Основным компонентом смеси должен быть газ, обеспечивающий высокие энергетические характеристики дуги, второй компонент выполняет функции стабилизации и обеспечения надежной работы плазмотрона. Рекомендации относительно целесообразности применения некоторых плазмообразующих смесей при резке низкоуглеродистых и низколегированных сталей приведены ниже:

**Плазмообразующая среда** **Целесообразность применения**

Аргон с водородом .....	Не рекомендуется
Азот с воздухом .....	Используется
Азот с аргоном .....	Не рекомендуется
Азот с кислородом .....	Используется
Азот с водородом .....	Используется

Водородсодержащие плазмообразующие смеси обеспечивают максимальную эффективность преобразования электрической энергии в тепловую и передачу последней разрезаемому металлу.

В связи с тем, что водород и азот, помимо защитного действия, повышают тепловую эффектив-

ность процесса резки, являясь хорошими теплоносителями, было решено использовать данную смесь в качестве плазмообразующего газа и проводить с ней последующие эксперименты.

В водородо-азотных смесях с увеличением расхода (или содержания в смеси) водорода скорость резки увеличивается, но высокое его содержание приводит к увеличению ширины реза. Поэтому содержание водорода в смесях составляет от 15 до 50%.

На рис. 1 показана поверхность заготовок, полученная при резке низкоуглеродистой стали плазменной (в смеси водород-азот) и кислородной резкой.

Основным достоинством плазменной резки является скорость, превосходящая при малой толщине металла скорость кислородной резки в несколько раз. Кроме того, при резке на больших скоростях зона термического влияния значительно уменьшается.

На рис. 2 изображена диаграмма сравнения скоростей плазменной и кислородной резки при различной толщине разрезаемого металла. Видно,

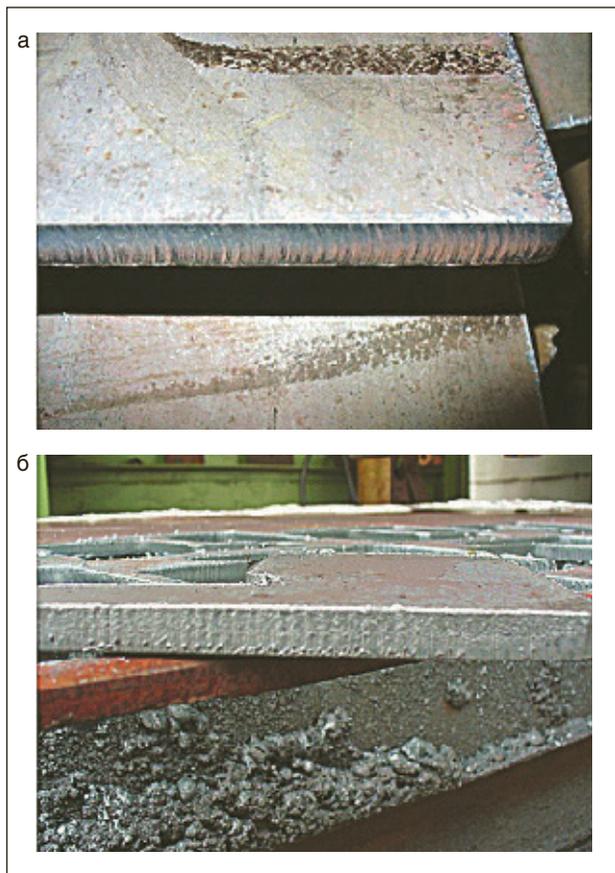


Рис. 1. Качество реза низкоуглеродистой стали: а — плазменная резка; б — кислородная резка



Рис. 2. Диаграмма сравнения скоростей плазменной и кислородной резки при различной толщине разрезаемого металла

что даже при использовании трех кислородных резаков одновременно скорость вырезания заготовок плазменной резкой значительно выше, чем скорость кислородной. Для толщины металла 3–4 мм данные по кислородной резке не приводятся в связи с нецелесообразностью ее применения для данной толщины.

Исследования показывают, что увеличение толщины разрезаемого листа (при условии постоянной силы тока) приводит к некоторому увеличению ширины реза. Это, в свою очередь, влечет за собой увеличение теплового потока в металл разрезаемого лист. В результате совместного действия обоих факторов с увеличением толщины листа скорость резки падает.

В связи этим при резке заготовок толщиной более 65 мм для низкоуглеродистых и низколегированных сталей продуктивнее использовать кислородную резку (рис. 3).

Увеличение скорости при использовании плазменной резки (плазмообразующий газ — водород-азот) по сравнению со скоростью кислородной позволит значительно сократить затраты на резку (рис. 4).

Еще одним преимуществом плазменной резки является возможность вырезать отверстия меньшего диаметра, чем диаметр отверстия при кислородной. Качество резки при этом значительно выше (рис. 5).

Таким образом, плазменная резка низкоуглеродистых и низколегированных сталей малой толщины имеет следующие преимущества перед кислородной резкой:

- ◆ более высокие скорости резки;
- ◆ более высокое качество поверхности реза;
- ◆ меньшая зона термического влияния;
- ◆ меньшая ширина реза;
- ◆ экономия энергоресурсов (кислорода и природного газа);
- ◆ возможность вырезать отверстия меньших диаметров.

● #1407

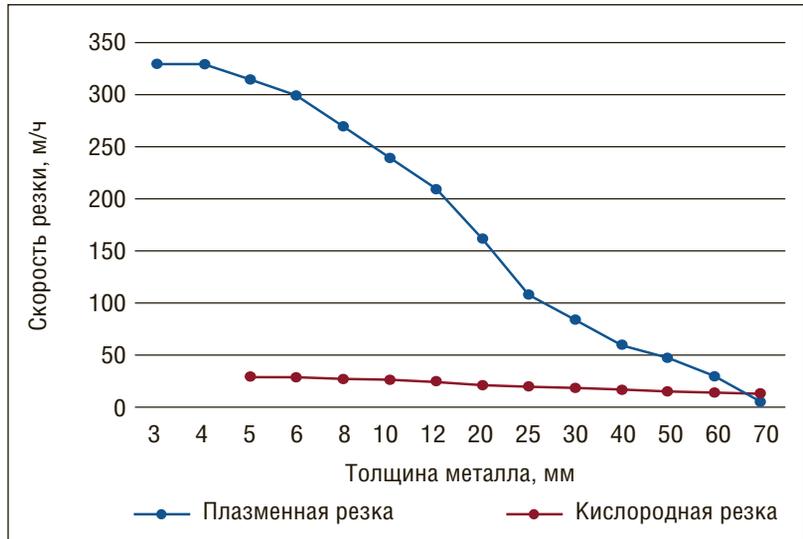


Рис. 3. График зависимости скорости резки от толщины металла

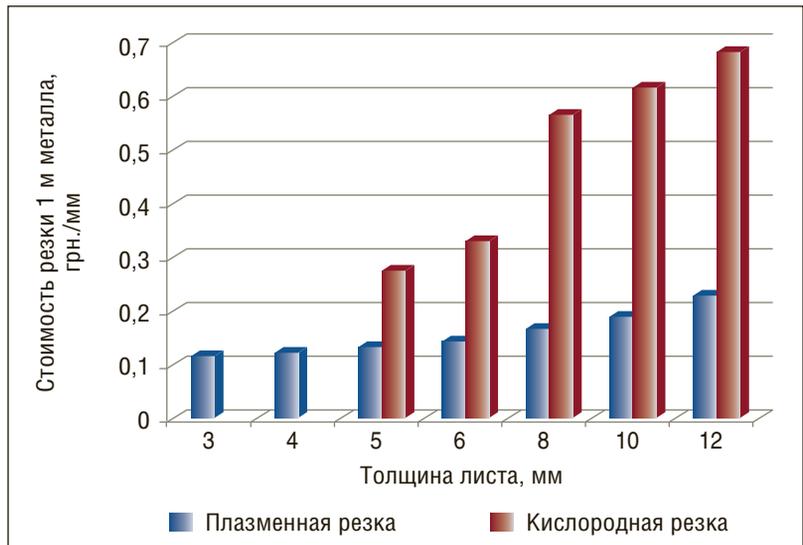


Рис. 4. Диаграмма сравнения стоимости резки 1 м низкоуглеродистой стали плазменным и кислородным способом

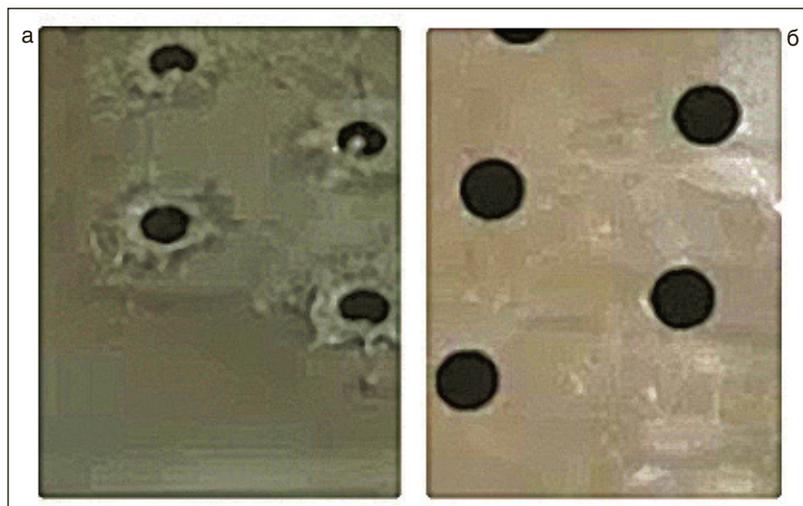


Рис. 5. Сравнительное качество резки (без зачистки): а — кислородной; б — плазменной

НАЗ-АРТЕМСЬКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

VISTEC ВИСТЕК

СВАРОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ



ПРОИЗВОДСТВА АМЗ «ВИСТЕК»

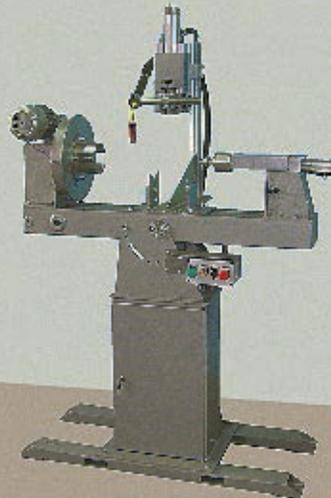


Полный список партнеров на [www.vistec.com.ua](http://www.vistec.com.ua)

НАВКО-  
ТЕХ

Automatic machines and robots for arc welding

Автоматические установки и роботы для дуговой сварки и наплавки

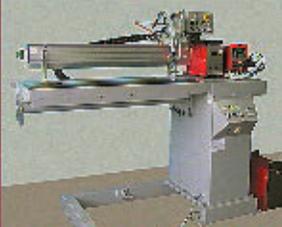


УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ШВОВ

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ

РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА



Украина, Киев

Тел.: +38 044 456-40-20

Факс: +38 044 456-88-58

<http://www.navko-teh.kiev.ua>

E-mail: [Info@navko-teh.kiev.ua](mailto:Info@navko-teh.kiev.ua)

СВАРКОНТАКТ

ВЫПРЯМИТЕЛИ ИНВЕРТОРНЫЕ СВАРОЧНОГО ТОКА

СДЕЛАНО В УКРАИНЕ



ИНВЕРТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА НА БАЗЕ IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПОДАЧИ ПРОВОЛОКИ

УСТАНОВКИ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ И ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ШИПОВАНИЯ

ООО НПФ «СВАРКОНТАКТ»

61010, Украина, г. Харьков, в-д Ващенко-16А

Тел/факс: (057) 719-24-45;

Моб: (095) 88-71-748; (097) 860-00-63

E-mail: [svarkontakt.svarka@gmail.com](mailto:svarkontakt.svarka@gmail.com)



WELDOTHERM

G.M.B.H. ESSEN

- Установки для термообработки сварных соединений серии VAI™, VAS™, Standard™, Standard Europa™.
- Высокоскоростные газовые горелки для проведения объемной термической обработки сосудов целиком.
- Инфракрасные газовые и электрические нагреватели.
- Печи торговой марки LAC.
- 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@ukrpost.ua](mailto:weldom@ukrpost.ua)

[www.weldom.if.ua](http://www.weldom.if.ua)

# Сварка трением с перемешиванием. Контроль параметров и управление процессом

**В. А. Бакшаев, П. А. Васильев, С. В. Васильев, ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»,  
Р. Р. Гайнуллин, С. Н. Чумаров, А. Х. Рахимов, ООО «ЭСКОН» (Чебоксары)**

*Технологический процесс сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов достаточно хорошо изучен, его широко применяют при производстве изделий из листового алюминиевого проката. Соответствующее технологическое оборудование, как правило, не является универсальным и изготавливается применительно к конкретному производству на основании технического задания заказчика, однако принцип его работы и функциональная схема построения практически одинаковы.*

В ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» данный процесс внедрен в производство в 2010 г. Первоначально сварку трением с перемешиванием выполняли на установке FSW SuperStir Plant производства компании ESAB при изготовлении заготовок крупногабаритных деталей автомобильных полуприцепов. В настоящее время силами специалистов предприятия изготовлена установка для сварки исходного листового алюминиевого проката с целью получения больших карт длиной до 14 м произвольной ширины.

Процесс сварки трением с перемешиванием, как и всякий другой технологический процесс, характеризуется определенным набором физических параметров, наиболее значимыми из которых являются: усилие  $F$ , прикладываемое вдоль оси вращения инструмента, частота вращения инструмента  $n$  и скорость его перемещения  $V$  по заданной траектории. Значения параметров варьируются в широком диапазоне в зависимости от геометрии инструмента, марки применяемых сплавов и толщины свариваемых деталей.

Подача шпинделя с инструментом по оси  $Z$ , как правило, производится гидроцилиндром до достижения определенного значения усилия  $F$ . Далее в процессе сварки данная величина должна поддерживаться постоянной, не зависящей от возможных небольших изменений координаты  $Z$ . Очевидно, что это осуществимо при наличии обратной связи между датчиком давления масла в гидроци-

линдре и системой гидроклапанов, соединяющих его с гидросистемой, что позволяет стабилизировать давление масла при колебаниях штока гидроцилиндра. В изготовленной установке применен гидроцилиндр с встроенным датчиком положения штока типа ТЗ-100-Р-0200-С-z-03 производства компании СМВ в комплекте с пропорциональным распределителем и электронной картой управления типа EWM-SP-DAD производства компании Duplomatic Oleodinamica. При этом рабочее давление и, соответственно, усилие на штоке создаются за счет разности давлений в камерах гидроцилиндра.

Одним из необходимых условий качественной сварки является отсутствие зазора между соединяемыми деталями в процессе сварки при выполнении стыкового шва. Максимальные раздвигающие усилия возникают в момент внедрения инструмента в материал деталей, поэтому большое значение имеет режим внедрения. Возможны два варианта режима внедрения инструмента: с постоянной скоростью по оси  $Z$  и с постоянной скоростью возрастания усилия  $F$ . В обоих случаях внедрение осуществляют до достижения заданного значения  $F$ . Далее следует выдержка в течение времени  $\tau$ , необходимая для разогрева материала деталей до требуемой температуры, после чего включают привод движения по оси  $X$ .

Стабилизация частоты вращения инструмента  $n$  в пределах  $\pm 5\%$  реализуется с помощью стандартного частотного привода на основе асинхронного электродвигателя. Привод движения по оси  $X$  также можно выполнить аналогично, однако при работе в автоматическом режиме требуется применение синхронного двигателя с целью точного измерения координаты  $X$ .

Как говорилось выше, значения  $F$ ,  $n$  и  $V$  определяют опытным путем для различных марок сплавов, толщины деталей и различ-

ной геометрии инструмента. Процесс этот достаточно трудоемок с учетом проведения необходимых механических испытаний образцов сварного шва. Между тем имеется объективный физический параметр процесса — механическая работа  $W$ , совершаемая инструментом в процессе движения по шву. Данный параметр однозначно определяет температуру материала деталей, а следовательно, и характер его перемешивания и, соответственно, макро- и микроструктуру зоны сварного соединения. Оценить величину  $W$  достаточно просто через механическую мощность  $N$  на валу шпинделя, зная момент вращения на валу шпинделя  $M$ :

$$N = M\omega,$$

где  $\omega = 2\pi n/60$ .

Момент вращения на валу шпинделя  $M$  вычисляют через момент вращения  $M_{дв}$  на валу двигателя с учетом коэффициента передачи. Для реализации данной задачи необходим частотный привод на основе синхронного двигателя. Достоинствами синхронного двигателя также являются удвоенная по отношению к асинхронному удельная мощность и возможность кратковременной краткой перегрузки без остановки двигателя.

Изготовленная на предприятии установка сварки трением с перемешиванием состоит из станины со столом и подвижной консоли, перемещающейся по направляющим, установленным на станине. На рис. 1 показана консоль установки сварки трением с перемешиванием.

Систему управления (далее СУ) разрабатывали со значительной избыточностью с учетом возможности оперативного наращивания функций по мере доводки установки. Вторым важным фактором являлась надежность и время восстановления СУ. Третьим по важности фактором была гибкость системы при эксплуатации как с точки зрения программного обеспечения, так и с точки зрения легкости замены исполнительных устройств и датчиков с различными управляющими и выходными сигналами или измеряемыми диапазонами. Для реализации этих требований было выполнено следующее:

В качестве основного компьютера выбран DLog IPC7 (рис. 2). Основными его достоинствами являются герметичность, вибростойкость и наличие сенсорного дисплея с повышенной износостойкостью. Количество входов и выходов СУ значитель-

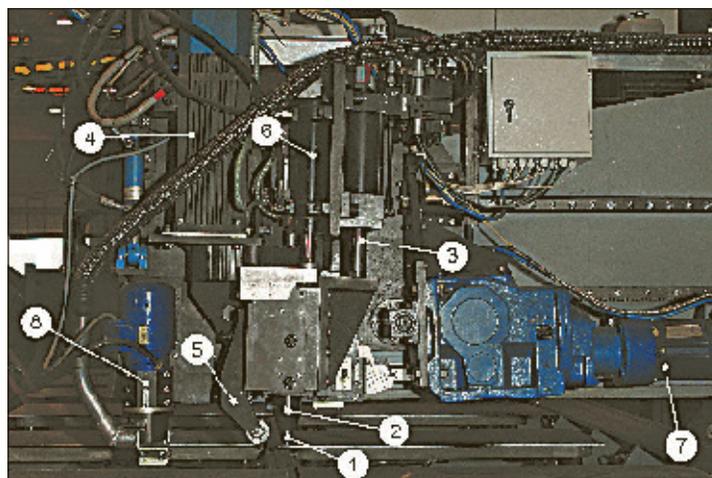


Рис. 1. Консоль установки сварки трением с перемешиванием: 1 — инструмент; 2 — шпиндель; 3 — гидроцилиндр подачи шпинделя по оси Z; 4 — электродвигатель привода шпинделя; 5 — прижимной ролик; 6 — гидроцилиндр подачи ролика; 7 — привод подачи по оси Y; 8 — электрошпиндель. Электроприводы вращения шпинделя и перемещения по осям X, Y выполнены на основе серийных приводов компании КЕВ с синхронными двигателями

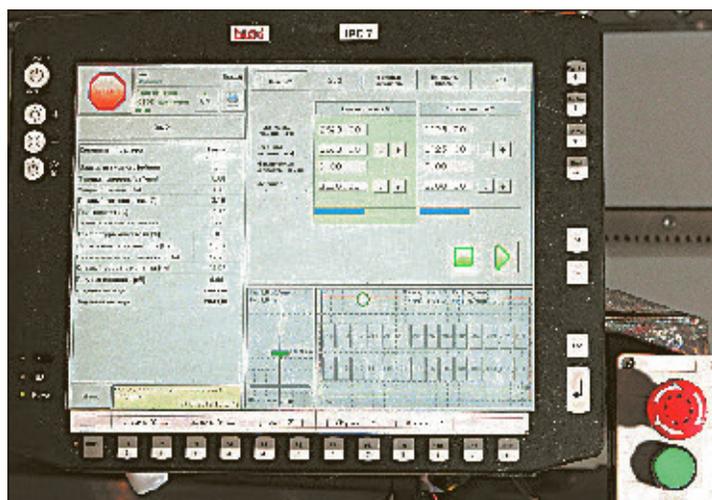


Рис. 2. Управляющий компьютер DLog IPC7

но превышает необходимое. Для минимизации ЗиПа все узлы устройства сопряжения с периферией СУ идентичны, предусмотрена полная аппаратная и программная взаимозаменяемость. Входы для датчиков универсальны и могут измерять как токовые сигналы от датчиков, так и сигналы в виде напряжения. Датчики можно использовать с разными диапазонами измеряемых величин. В таблицу датчиков вносится запись по диапазону измеряемого параметра по типу и значению выходного сигнала каждого датчика. Несколько входов выполнены с гальванической изоляцией для возможности приема сигналов с высоковольтным синфазным смещением и/или для уменьшения наводок. Всем параметрам можно задавать четыре уставки — две технологиче-

ские (минимальная и максимальная) и две аварийные.

Система питания резервирована с возможностью горячей замены блоков питания. При выходе какого-либо блока питания из строя выдается соответствующее предупреждение. Все блоки питания допускают повышение напряжения на входе с 220 до 400 В.

Программное обеспечение (далее ПО) работает в среде операционной системы Windows Embedded Enterprise (встраиваемая XP). Все ПО хранится в компьютере на жестком диске и продублировано во встроенном флэш-накопителе. Запуск и работа программы возможны с обоих устройств (жесткого диска и флэш-накопителя). В случае повреждения ПО или операционной системы достаточно обычного копирования с одного накопителя на другой — быстрое восстановление работоспособности. Для запуска ПО нет необходимости его устанавливать. Все аналогичные входы и выходы программно взаимозаменяемы.

В случае выхода из строя какого-либо входа или выхода достаточно подсоединить соответствующий сигнал на свободный аналогичный вход или выход и отметить это в таблице сигналов.

Для упрощения написания программ функционирования станка разработан встроенный эмулятор, выполняющий команды управления, написанные в обычном текстовом формате. Это облегчает написание, чтение и редактирование программы. Для удобства и уменьшения ошибок при написании и редактировании предусмотрен встроенный редактор. Нет необходимости писать команды, достаточно нажать нужную команду в окне управления соответствующего узла как при ручном управлении. В компьютере может одновременно храниться множество разных программ. Программы функционирования выбирают в меню. По умолчанию выполняется последняя программа.

Для анализа работы станка ведется несколько архивов: архив событий (вплоть до нажатия каждой кнопки), архив аварий, архив всех сигналов как управляющих, так и входящих от датчиков, архив работы станка по каждому оператору, архив моточасов. В СУ встроен графический редактор, позволяющий просматривать архивы параметров в виде графиков. ПО станка можно запускать на обычном компьютере в среде Windows XP и анализировать архивные данные или писать/редактировать программы работы станка. Встроенный в DLog IPC7 Wi-Fi модуль позволяет оперативно скачивать архивы для анализа на удаленном рабочем месте, а также при необходимости, удаленно обновлять ПО.

Меню СУ разделено на несколько окон в соответствии с исполнительными устройствами. Есть универсальное пользовательское окно, в котором можно задавать отображение любых параметров по усмотрению потребителя для оперативного наблюдения за параметрами в процессе работы. В одном из окон отображается изображение в реальном времени, получаемое с видеоканалы. Видеоканалы подключены через USB порт. Для удобства настройки станка предусмотрены режимы «Автоматическая калибровка по усилию инструмента», «Автоматическая калибровка по скорости перемещения инструмента по оси Z», «Автоматическая калибровка опорной точки по координатам X, Y и Z».

Рис. 3. Записанные в память значения момента вращения на валу электродвигателя привода движения по оси X

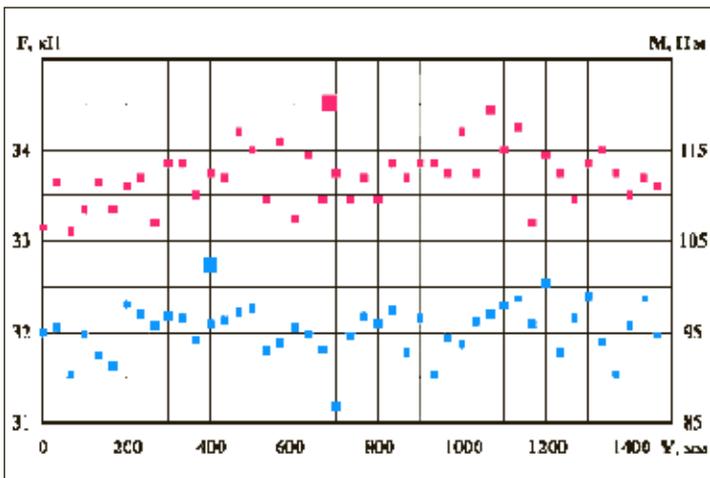
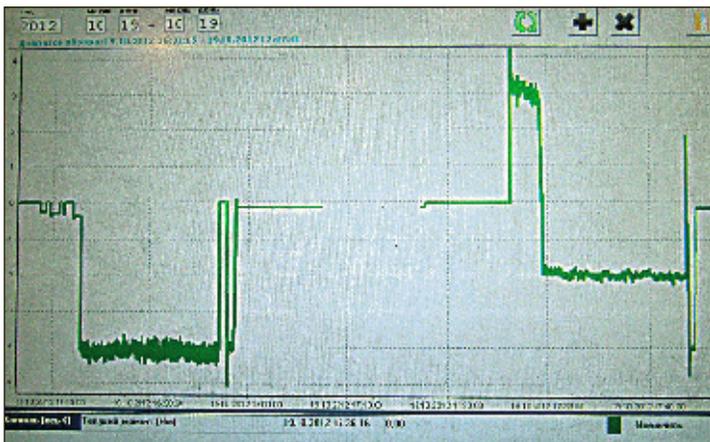


Рис. 4. Набор измеренных значений M и F при выполнении сварки по оси Y

При работе на установке оператор пользуется одним из четырех файлов: фрезерование по оси Y, фрезерование по оси X, сварка по оси Y, сварка по оси X. Файлы фрезерования содержат следующие параметры: координаты начальной и конечной точек траектории, скорость перемещения фрезы, частота вращения фрезы. Файлы сварки содержат следующие параметры: координаты начальной и конечной точек траектории, скорость перемещения инструмента, частота вращения инструмента, усилие на инструменте, а также параметры режима внедрения инструмента.

В процессе сварки на экране компьютера в основном поле отражаются заданные и фактические текущие значения параметров процесса. Помимо этого, в дополнительном поле отражаются по выбору текущие параметры работы электроприводов, гидросистемы и прочие параметры работы установки. Период опроса составляет 5 с. Все запрашиваемые параметры записываются в память и сохраняются неограниченно долго. На рис. 3 в качестве примера показан график изменения момента вращения на валу электродвигателя привода движения по оси X.

На рис. 4 приведены результаты измерений момента вращения на валу шпинделя  $M$  и усилия  $F$  по оси Z в процессе выполнения поперечного шва при сварке листового проката АМг5 толщиной 8 мм. Скорость сварки  $V = 40$  см/мин, частота вращения инструмента  $n = 400$  об/мин.

Контроль момента вращения на валу шпинделя позволяет оценивать удельную механическую работу  $W$ , совершаемую инструментом при сварке. Критическим параметром, характеризующим процесс сварки, безусловно, является величина  $N$ . Очевидно, что выделяемая в процессе энергия затрачивается на нагрев как непосредственно материала деталей, так и инструмента и подложки. При сварке деталей одинаковой толщины соотношение между указанными составляющими практически не изменяется, однако необходимая температура материала и свойства его течения будут различными. Соответственно режимы сварки различных алюминиевых сплавов описываются различными значениями параметра  $N$ . Изменение толщины свариваемых деталей также повлечет изменение  $N$  по причине изменения объема нагреваемого материала в районе шва и увеличения потерь теплоты на нагрев соеди-

Таблица. Результаты опытных работ при исследовании технологического режима сварки

Образец	Усилие на шпинделе $F$ , кН	Частота вращения $N$ , об/мин	Скорость сварки $V$ , см/мин	Момент вращения $M$ , Н·м	Мощность $N_{дв}$ , Вт	Удельная работа $W$ , кДж/мм
АМг5 S = 5 мм	15	340	30	59,8	2125	0,425
	15	560	30	55,4	3250	0,650
	15	560	50	59,6	3510	0,420
	15	670	50	52,1	3660	0,440
АМг5 S = 5 мм	26	350	50	91,3	3350	0,400
	26	560	12	61,8	3620	1,810
	26	560	30	63,6	3730	0,750
	26	560	120	85,0	4980	0,250
	26	670	50	64,6	4530	0,540
АМг5 S = 8 мм	32	300	30	120	3770	0,750
	32	400	30	110	4720	0,940
	32	400	40	112	4800	0,720



Рис. 5. Карта, полученная сваркой трением с перемешиванием из проката 7000x1500 мм

няемых деталей. В таблице в качестве примера приведены результаты измерений энергетических затрат при проведении опытных работ для поиска оптимальных режимов сварки листов алюминиевого сплава АМг5 разной толщины.

На рис. 5 показан конечный продукт работы установки сварки трением с перемешиванием — цилиндрическая оболочка корпуса автомобильного полуприцепа.

Практическими результатами внедрения в серийное производство на предприятии технологии сварки трением с перемешиванием являются:

- ♦ отказ от закупок импортного листового проката шириной 2500 мм;
- ♦ повышение производительности труда при изготовлении крупногабаритных заготовок за счет выполнения сварки стыкового шва за один проход с увеличенной скоростью;
- ♦ исключение факторов вредного производства: газовыделение и светового излучения;
- ♦ воспроизводимое качество сварного шва за счет автоматизации процесса.

● #1408

## Неограниченная мобильность

*Компания ООО «Фрониус Украина» представляет на украинском рынке первый в мире портативный сварочный аппарат с питанием от встроенной аккумуляторной батареи без использования электросети. Аппарат AccuPocket для сварки MMA и TIG гарантирует максимальное удобство и мобильность.*

Fronius AccuPocket 150/400 — первая в мире система, массой всего 11 кг, которая предоставляет пользователям беспрецедентную свободу передвижения при ручной дуговой сварке покрытыми электродами и сварке TIG.

Усовершенствование таких характеристик, как поджиг, стабильность процесса и динамика дуги, реализованных в аппарате AccuPocket 150/400, стало возможным благодаря успешному сочетанию передовых сварочных технологий и современных высокоемких аккумуляторных батарей. Например, встроенный аккумулятор способен во время сварки обеспечить достаточно высокие значения силы тока короткого замыкания, чтобы предотвратить прилипание электрода. В то же время электронные компоненты устройства обеспечивают высокое напряжение сварки, предотвращая тем самым разрыв дуги — независимо от уровня заряда аккумуляторной батареи. Все основные параметры, требуемые для профес-

сионального выполнения сварочных работ, можно просто и точно настраивать при помощи одного многофункционального регулятора. Полностью заряженной аккумуляторной батареи достаточно, чтобы израсходовать до 8 электродов диаметром 3,25 мм или 18 электродов диаметром 2,5 мм.

Зарядное устройство ActiveCharger, поставляемое вместе с AccuPocket, специально создано для совместной работы со сварочным аппаратом и основано на отлично зарекомендовавшей себя технологии Active Inverter Technology компании Fronius. Интеллектуальная система управления на базе технологии AccuBoost обеспечивает идеально согласованную работу аккумулятора и электронных компонентов сварочной системы. На практике это дает лучшие результаты сварки, чем при использовании аналогичного оборудования с питанием только от сети.

По сравнению с традиционными литий-ионными аккумуляторами аккумуляторная батарея, применяемая в системе AccuPocket (литиево-железо-фосфатная, LiFePO<sub>4</sub>), отличается высочайшим уровнем безопасности и экономичности, низким уровнем саморазрядки и отсутствием эффекта памяти. Инновационная технология Active Inverter Technology мгновенно и точно определяет состояние встроенного аккумулятора и в зависимости от этого выбирает опти-



Сварочная система AccuPocket 150/400 от Fronius предоставляет пользователям беспрецедентную свободу перемещения при ручной сварке покрытыми электродами и сварке TIG.



Интеллектуальная система управления на основе технологии AccuBoost обеспечивает оптимальную работу аккумуляторной батареи и электронных компонентов как в гибридном режиме, так и при работе от батареи

мальную графическую характеристику заряда. Специально разработанные функции управления аккумуляторной батареей и оптимизированное зарядное устройство ActiveCharger совместно обеспечивают безопасную работу и длительный срок службы батареи. Несмотря на незначительную массу (всего 5,25 кг), номинальный запас энергии аккумуляторной батареи составляет 400 Вт·ч. Если добавить к этому компактные размеры аппарата (435×160×320 мм) и прочную конструкцию, становится очевидным, что AccuPocket является идеальным решением для ремонтной сварки и монтажных работ в удаленных местах, где нет прямого доступа к электросети. При работе от аккумуляторной батареи аппарат AccuPocket можно безопасно использовать даже в средах с высоким риском поражения электрическим током, поскольку благодаря конструкционным особенностям наибольшее напряжение внутри корпуса всегда остается ниже допустимого максимума — 113 В постоянного тока.

Даже будучи подключенным к устройству ActiveCharger, AccuPocket способен продолжать работу в гибридном режиме. Во время эксплуатации аппарата энергия аккумуляторной батареи используется для того, чтобы обеспечить максимально стабильную сварочную дугу при любых условиях работы (например, при колебании сетевого напряжения). Во время простоя аккумуляторная батарея заряжается. Аккумулятор выполняет функцию буфера, снижая нагрузку на электросеть. Более того, полная сила сварочного тока — 150 А в режиме TIG или 140 А в режиме сварки покрытым электродом обеспечивается даже при работе от электросети с напряжением 110 В.

Аппарат AccuPocket также способен работать от малых генераторов. В этом случае встроенный аккумулятор снижает требования к максимальной входной мощности, позволяя использовать значительно менее мощные источники тока: вместо генератора на 8 кВт можно использовать генератор на 2 кВт. Это снижает капитальные затраты



Система Fronius AccuPocket 150/400 с возможностью работы от аккумуляторной батареи позволяет выполнять сварку MMA и TIG без подключения к электросети



В портативной сварочной системе AccuPocket 150/400 от Fronius сочетаются передовые сварочные технологии и современная аккумуляторная батарея, что обеспечивает превосходные результаты сварки

и упрощает применение аппарата в удаленных местах.

Благодаря возможности работы от батареи AccuPocket сокращает длительность подготовки к сварке. Таким образом, во многих сферах применения на протяжении всего срока службы аппарат AccuPocket оказывается гораздо более экономичным, чем традиционные системы для сварки покрытыми электродами.

**Fronius**

**ООО «Фрониус Украина»**

07455 Киевская обл., Броварской р-н,  
с. Княжичи, ул. Славы, 24

**РАСШИРЯЯ ГРАНИЦЫ**

тел. +38 0 44 277 21 41

факс +38 0 44 277 21 44

sales.ukraine@fronius.com

www.fronius.ua

● #1409

Публикуется  
на правах  
рекламы

# ХІІІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2014

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



**МЕТАЛЛО-  
ОБРАБОТКА**

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРПЛАСТ  
ТЕХ**

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС



**ГИДРАВЛИКА  
ПНЕВМАТИКА**



**УКРПРОМ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ**

ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ



**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,  
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,  
ЛАБОРАТОРНОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ



**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОИЗВОДСТВА**

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ  
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ



**УКРМАШ  
ТЕХ**

ПРОМЫШЛЕННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРВТОР  
ТЕХ**

КОМИССИОННАЯ ТЕХНИКА,  
ОБОРУДОВАНИЕ



**ПОДШИПНИКИ**



**УКРСВАРКА**

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ  
И МАТЕРИАЛЫ



**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ  
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



**СУБКОНТРАКТЫ**

РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАКАЗОВ ПО КООПЕРАЦИИ

Генеральный  
информационный партнер:



Технический партнер:



**ОРГАНИЗАТОР**

Международный выставочный центр

**ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:**

Министерства промышленной политики Украины

Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"

**18-21  
НОЯБРЯ**



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58

e-mail: [lilia@iec-expo.com.ua](mailto:lilia@iec-expo.com.ua)

[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua)

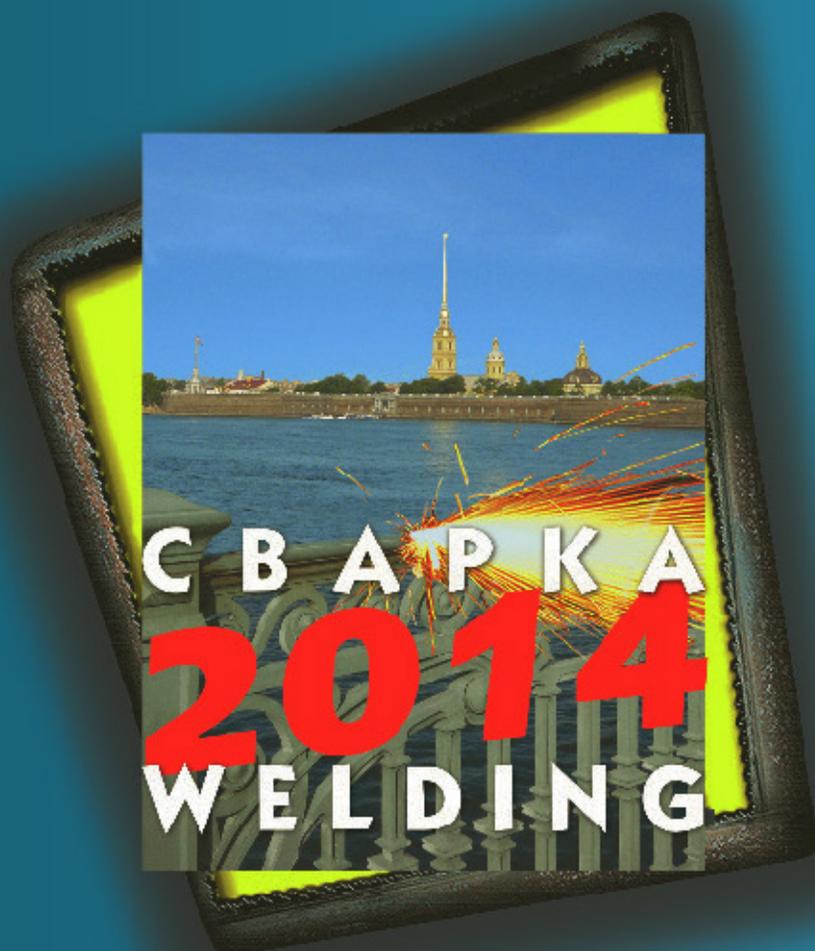
[www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

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



XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

24–27 июня 2014



12+



Санкт-Петербург, ВК ЛЕНЭКСПО

Тел. +7 812 240 40 40, доб. 152

[www.welding.expoforum.ru](http://www.welding.expoforum.ru)

ОРГАНИЗАТОР



ПАРТНЕРЫ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР Мир сварки



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, как сваривают стекло, ситаллы и керамику с металлами

**А. С. Сидоренко (Феодосия)**

Стекло — аморфный материал, получаемый путем сплавления стеклообразующих оксидов типа  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Различают следующие классы стекол: силикатные, боратные, германатные, фосфатные, алюминатные и др. Наибольшее распространение получили силикатные. Стекла подразделяют по назначению:

- ◆ оптические — это однородные прозрачные специально неокрашенные стекла (марки ЛК4, К5, К8);
- ◆ электротехнические — находят применение главным образом в электровакуумной промышленности (марки С48-1, С49-2, С50-1). Ряд этих стекол разработаны специально для получения надежных соединений с металлами. Коэффициенты их линейного расширения в некоторых случаях близки к коэффициентам отдельных металлов и сплавов.

Определяющим свойством стекла является его способность постепенно и непрерывно изменять вязкость в определенном интервале температур. Вязкость стекла в точке трансформации равна  $10^{12,3}$  Па·с. До температуры трансформации стекло находится в хрупком состоянии. Выше этой точки оно обратимо переходит в вязкое состояние и не разрушается ни при механическом ударе, ни при резком увеличении температуры.

Ситаллы — это искусственные материалы, полученные путем кристаллизации стекла определенного состава: сподуменового (СО-115М), кордиератного и свинцовосодержащего. Для их получения выбирают соответствующий состав стекла, вводят катализатор кристаллизации и варят стек-

ло, а затем проводят специальную термическую обработку, чтобы обеспечить образование максимального числа центров кристаллизации, необходимой степени закристаллизованности и заданный состав ситалла.

*Керамика* традиционно включает изделия из глины и кремнезема. В промышленности широко используют такие ее виды:

- ◆ керамика чистых оксидов на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (корунды),  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{ThO}_2$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{MgO}$ , а также шпинель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  и форстерит  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ;
- ◆ бескислородная керамика на основе нитридных и карбонитридных соединений ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{TiC}$  и др.), а также комбинированная керамика на основе оксикарбидов и оксинитридов;
- ◆ магнитная керамика, основа которой оксиды  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{NiO}$  (ферриты);
- ◆ пьезокерамика на основе титаната, цирконата свинца (ЦТС-19).

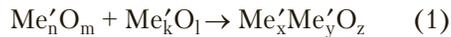
Наиболее распространена керамика на основе оксида алюминия, так называемая высокоглиноземная керамика (ВК 94-1, М7 миналунд, сапфирит, ВК 100-2, поликор). Температура размягчения стеклофазы, например, для ВК 94-1 составляет 1123–1173 К.

Для соединения со стеклом и керамикой используют железоникелевые сплавы, ковар, нержавеющей сталь. Из чистых металлов — медь, никель, титан, алюминий, молибден, вольфрам и др.

**Свариваемость материалов.** Способы сварки плавлением для сварки неметаллических материалов и металла, как правило, непригодны. Наибольшую перспективу в создании неразъемных соединений из стекла и керамики имеет диффузионная сварка (ДС). На свариваемость существенное влияние оказывает химический состав, структура, состояние поверхности, наличие и концентрация неравновесных дефектов

и ряд других физико-химических свойств соединяемых материалов.

**Природа и механизм образования соединения.** Необходимым условием получения сварного соединения металлов со стеклом и керамикой является химическое взаимодействие, механизм которого зависит от свойств элементов. В условиях ДС наиболее вероятны две топохимические реакции — присоединения (1) и замещения (2):



По механизму (1) взаимодействуют d-элементы (Fe, Co, W, Mo, Mn и т.д.), а по

механизму (2) — s- и p-элементы (Al, Mg, Be, Li) и их сплавы. Поэтому технология ДС стекла и керамики с металлами должна разрабатываться как с учетом физико-химических свойств соединяемых композиций, так и с учетом топохимических процессов, происходящих в зоне контакта.

**Технология диффузионной сварки.** Подготовка стекла, керамики и металла. Химическая очистка в сочетании с ультразвуковой обработкой стекла и керамики является наиболее эффективным способом получения качественной поверхности под сварку. Термическое обезжиривание обычно применяют в сочетании с химической очист-

**Таблица. Режимы диффузионной сварки стекла и керамики с металлами**

Соединяемые материалы	Промежуточная прокладка	Температура, К	Давление, МПа	Время, мин	Вакуум, Па	Необходимость окисления металла
Кварц+кварц	A7*	893	12,0	40	0,0133	–
Кварц+кварц	M1*	1223	10,0	30	0,133	+
Кварц+кварц	H1*	1423	12,0	40	0,133	+
Кварц+кварц	AMц	873	8,0	30	0,0133	–
Кварц+кварц	–	1423	8,0	30	0,0133	–
C49-2+29НК	–	863	5,0	20	0,133	+
ЛК-4+Мо	A7	803	10,0	40	0,0133	–
ЛК-4+ЛК-4	A7	773	12,0	40	0,0133	–
К-8+К-8	A7	853	5,0	30	0,0133	–
К-8+К-8	BT 1-0	953	4,0	20	0,0133	–
К-8+К-8	38ЮНДК	873	6,0	20	0,0133	+
ВК94-1-+ВК94-1	AMr6	863	10,0	20	0,0133	–
ВК94-1-+ВК94-1	AD1	893	10,0	30	0,0133	–
ВК94-1-+ВК94-1	M-1	1223	10,0	40	0,133	+
ВК94-1-+ВК94-1	29НК	1323	10,0	20	0,133	+
Сапфир+сапфир	AMr6	863	8,0	30	0,0133	–
СапфиBE-1-0	AMr6	863	10,0	15	0,0133	–
Феррит (5000MT) +феррит (5000MT)	AD1	873	10,0	30	0,0133	–
Феррит (5000MT) +феррит (5000MT)	AMr6	863	10,0	20	0,0133	–
СО-115M+СО-115M	AD1	893	8,0	40	0,0133	–
Поликор+поликор	AMr6	863	10,0	30	0,0133	–
Поликор+BT-1-0	AMr6	863	12,0	10	0,0133	–

\* A7, M1, H1 — марки AL, Cu, Ni.

кой, а очистка в поле ультразвука в сущности является разновидностью химической очистки, так как в качестве рабочих жидкостей используют различные химические вещества и соединения. Очистка поверхности перед диффузионной сваркой сводится к трем основным процессам: обезжириванию, удалению механических загрязнений и травлению поверхности. Наиболее часто применяют первые два способа обработки, а к травлению прибегают только в случае необходимости изменения структуры поверхностного слоя.

**Подготовка металлов к сварке.** Химически активные металлы (s- и p-элементы) и сплавы на их основе перед соединением со стеклом, керамикой и ситаллом тщательно очищают от загрязнений, а также от оксидов. Переходные металлы (d-элементы) и сплавы на их основе, как правило, перед соединением со стеклом и керамикой проходят специальную обработку, связанную с созданием на их поверхности тонких слоев оксидов низшей валентности.

**Режимы сварки.** При ДС стекла и керамики с металлами широко используют промежуточные прокладки. Назначение прокладок, главным образом, сводится к снижению энергетических параметров сварки, остаточных напряжений в зоне соединения и активации соединяемых поверхностей. Некоторые режимы диффузионной сварки стекла и керамики с металлами приведены в таблице.

**Особенности конструкции металлостеклянных и металлокерамических узлов.** Конструкции узлов металлов с неметаллами разделяют на три группы (рисунок).

1. Соединения, в которых металл охватывает стекло или керамику, при этом температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) металла имеет большее значение, чем ТКЛР неметалла. Такие соединения называют охватывающими (на рисунке а–в).

2. Соединения, в которых керамика или стекло охватывают металлическую деталь, называют внутренними спаями или соединениями (на рисунке г).

3. Соединения, в которых металлическая деталь сочленяется с неметаллической по плоскости торца, называют плоскими или торцовыми соединениями (на рисунке д–ж).

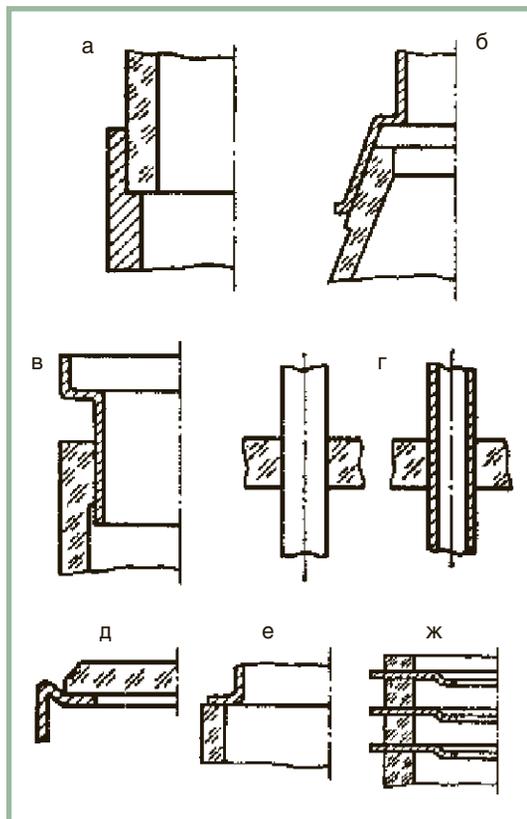


Рисунок. Основные типы металлостеклянных и металлокерамических соединений

Возникновение больших и опасных напряжений в таких соединениях компенсируют следующими способами: использованием металлов небольшой толщины и возможно меньшего диаметра; применением для соединений пластичных материалов, позволяющих несколько ослабить напряжения; использованием более низких температур при получении соединения, а также применением медленного охлаждения в процессе сварки с чередованием промежуточных отжигов.

**Причины образования дефектов.** Наиболее распространенным дефектом металлостеклянных и металлокерамических узлов является образование трещин из-за высокого уровня остаточных напряжений, вызванных большим различием коэффициентов термического расширения соединяемых материалов. Согласование теплового расширения соединяемых материалов устраняет опасность возникновения термических напряжений. Соединять материалы с несогласованными ТКЛР также возможно, но толщина металлической детали при этом сильно ограничена.

- ▶ Сварочное оборудование и аксессуары
- ▶ Газовое оборудование для резки и сварки
- ▶ Средства индивидуальной защиты
- ▶ Средства технической химии
- ▶ Твердая и мягкая пайка
- ▶ Шлифовальные материалы
- ▶ Пилы и лентопильные станки
- ▶ Сварочное оборудование и подсобные комплектующие
- ▶ Сварочные материалы

**Дистрибьюторы:**

ООО «УКРНИХРОМ»  
49070, г. Днепропетровск,  
пр. Пушкина, 40 Б  
тел./факс: +380 562 33-74-35  
+380 56 372-70-25  
www.ukrnichrom.com.ua

ПП «УКРГАЗСЕРВИС-  
КОМПЛЕКС»  
г. Киев, ул. Окружная, 10  
тел. +380 44 222-72-95  
+380 50 446-93-76  
www.ugs.kiev.ua

ООО «ТДС»  
03127, г. Киев,  
пер. Коломиевский, 3/1  
тел. +380 44 596-93-75  
факс +380 44 596-93-70  
welding@welding.kiev.ua

ООО «ЭКОТЕХНОЛОГИЯ»  
03150, г. Киев, ул. Антоновича  
(Горького), 62  
тел./факс +380 44 200-80-56  
sales@et.ua  
www.et.ua

ООО ПНФ «ГАЛЭЛЕКТРОСЕРВИС»  
79034, г. Львов, ул. Навроцкого, 10 А  
тел. +380 32 239-29-15, 239-29-16  
факс +380 32 239-29-17  
ges@tsp.net.ua  
www.ges.lviv.ua



«РИВАЛ-РХЦ» ул. Польна 140В,  
87-100 Торунь, Польша,  
т. +48 56 66-93-820  
ф. +48 56 66-93-805  
export@rywal.com.pl  
www.rywal.eu

**НАША ПРОДУКЦИЯ ПОД ТОРГОВЫМИ МАРКАМИ MOST™ И GOLD™ СЕРТИФИЦИРОВАНА УКРСЕПРО.**



Украина, 49083, г. Днепропетровск  
пр. им. Газеты «Правда» 29, к. 603  
т. (0562)347 009, (056)790 0133  
тел./факс (056) 371 5242  
E-mail: remmash\_firm@ukr.net

**Разработка и  
изготовление  
оборудования  
для механизированной дуговой наплавки**

PM-9 —  
установка  
автоматической  
дуговой  
наплавки  
гребней  
железнодорожных  
колесных пар



PM-15 —  
универсальная  
установка  
автоматической  
дуговой наплавки  
деталей горного  
оборудования

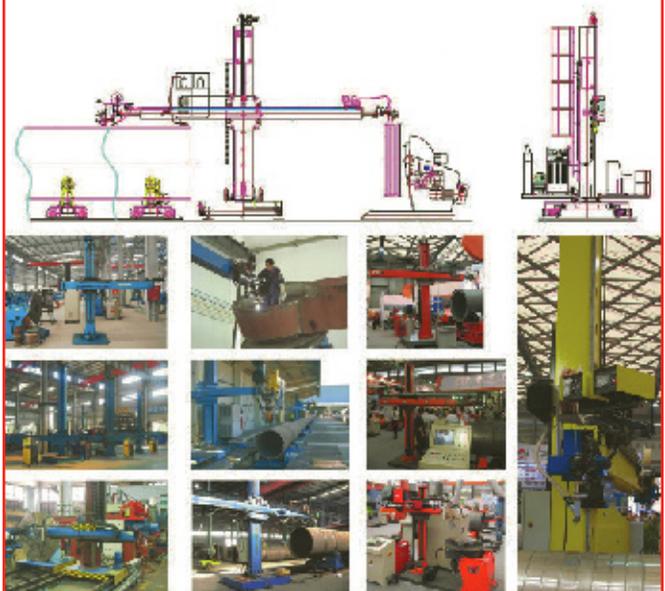
ИЗРМ-5 —  
универсальная  
установка  
автоматической  
дуговой наплавки  
малогобаритных  
цилиндрических  
деталей



**МТИ МИГАТЕХ индустрия**

ТЕХНОЛОГИИ, СБЕРЕГАЮЩИЕ ЭНЕРГИЮ

**Сварочные комплексы**



**044 360-25-21 044 498-01-82**

**www.migateh.com.ua**



### Содержание журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша) № 1–2014

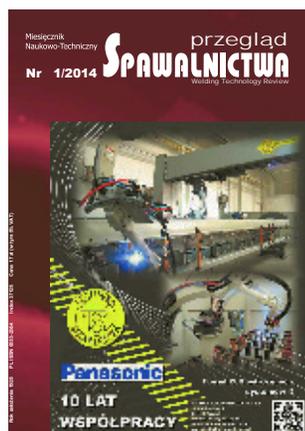
**M. Banasik, S. Stano, M. Urbanczyk.** Гибридная сварка лазерная + дуговая. Развитие и возможности способа (Часть 1)

**M. St. Weglowski, T. Pfeifer.** Влияние технологии резки на качество поверхности нелегированной стали

**S. Blacha, M. Zeman.** Предварительная оценка свариваемости энергетической стали PB2

**J. Pikula, T. Pfeifer, J. Mendakiewicz.** Влияние защитного газа на свойства соединений оцинкованных листов, выполненных MIG/MAG пайко-сваркой током переменной полярности

**P. Irek.** Лазерное легирование сплава  $AlSi_7Cu_4MgMn$  карбидом кремния



### Содержание журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша) № 1–2014

**T. Chmielewski, D. Golański, M. Węglowski.** Сварка медных листов большой толщины способом MIG-SpeedPuls без предварительного подогрева

**J. Nowacki, J. Grabian, S. Krajewski.** Проблемы пайки алюминиевого пеноматериала

**W. Czapplewicz, Z. Kondrat.** Сварка закаленной стали Boron 27. Выбор присадочного материала и параметров сварки

**J. Czechowski, A. Pawełek, K. Warsz.** Керамические подкладки для сварки специальной нержавеющей стали в защитном газе

**J. Słania, H. Marcinkiewicz, M. Kiełbik.** Технология изготовления противообвальнй конструкции шахты — подготовка к сварке

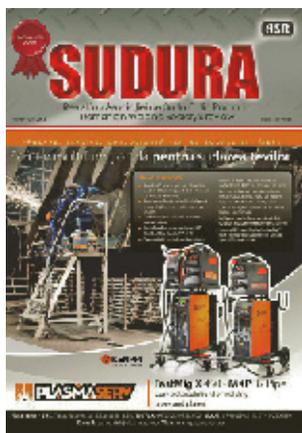
**P. Stasiuk, A. Karolczuk, W. Kuczko.** Распределение напряжений в крестовидном сварном соединении с учетом вида шва

**J. Czuchryj, A. Pilarczyk.** Устройство UKS с вакуумной камерой для контроля прочности сварных соединений

**J. Kowalczyk, D. Ulbrich, R. Mańczak.** Обследование сваренных соединений стальных листов сверхзвуковым методом

**Z. Pilat, M. Pachuta, R. Hylla, J. Kubica.** Функциональные возможности и экономическая эффективность роботизированного скашивания кромки

**A. Pociśca.** Сварка в производстве транспортных средств до 1939 г.



**Содержание журнала «Sudura»  
(Румыния)  
№ 3–2013**

**E. Petzek, R. Bancila.** Расчет сварных соединений в соответствии с европейскими стандартами ENV 1993-1-8 (Часть 2)

Директивы EWF 652r212. Назначение специалиста, ответственного за сварочные работы — координатора сварочных работ (RWC) в соответствии с EN 1090-2

**P. Tenchea.** Аспекты применения сварочных стандартов в практической деятельности



**Содержание журнала «Sudura»  
(Румыния)  
№ 4–2013**

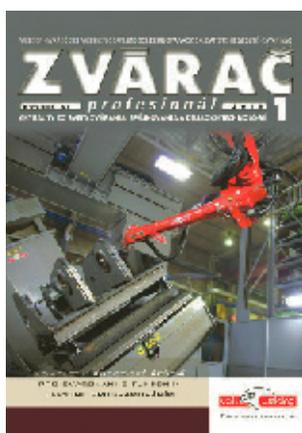
**M. Mangra.** Электроды с высокотемпературным сопротивлением для точечной сварки

**C. Bulea.** Гальванизация — коррозия и защита от коррозии

**D. Stoian.** Вклад сварки в успех предприятия — достижения COMELF

**N. Souca.** Роль системы управления качеством при производстве сварных конструкций

**D. Kristof, L. Nemeth.** Исследование силы трения в области контакта сопла и сварочной проволоки



**Содержание журнала «Zvarac»  
(Словакия)  
№ 1–2014**

**P. Polák, M. Kasenčák, J. Porubčan, M. Novoveský.** Управление процессом старения стальных конструкций

**G. H. Sokolov, I. V. Zorin, A. A. Artemjev.** Новые способы и материалы для наплавки термостойких сплавов

**E. Evin, M. Kasenčák.** Прочностные и деформационные свойства высокопрочной стали и возможность их модификации

Дни инновационных технологий и роботизации 2013

# Розробка працезохоронних заходів у зварювальному виробництві на підставі оцінки ризику профзахворюваності

О. Г. Левченко, д-р тех. наук, Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України,  
Ю. О. Полукаров, канд. техн. наук, НТУУ «КПІ»

*На сьогоднішній день одним із найбільш розповсюджених технологічних процесів є зварювання. У зварювальному виробництві індустріально розвинутих країн зайнято сотні тисяч зварників. Їхню працю характеризує високий ступінь ризику травматизму та розвитку професійних захворювань, оскільки вона пов'язана з впливом на організм працюючих численних небезпечних та шкідливих виробничих чинників, джерелами яких є зварювальні технології та матеріали. Одним з найважливіших напрямків вирішення проблеми є прийняття комплексу технічних і організаційних рішень на основі концепцій теорії ризику.*

Під ризиком розуміється ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час або за певних обставин. Тоді прийнятний ризик — це такий ризик, який не перевищує гранично допустимого рівня. Для кожного об'єкта, що досліджується, та його персоналу можна розрахувати (з використанням відповідних методик) ризик таких негативних подій, як аварія, нещасний випадок, професійне захворювання. Після порівняння значень розрахункового та прийнятного ризиків можна зробити обґрунтований висновок щодо рівня безпеки (нешкідливості) об'єкта.

Донедавна підприємства зварювально-го виробництва функціонували на основі так званої концепції «абсолютної безпеки» або «нульового ризику». У якості такого підходу слід відзначити надзвичайно великі матеріальні витрати на його реалізацію, складність у підготовці персоналу до роботи у надзвичайних ситуаціях, неможливість врахувати всі чинники, що зумовлюють стан безпеки об'єкта тощо.

Отже, на зміну концепції «абсолютної безпеки» прийшла концепція розумно досяжного рівня безпеки, чи так звана концепція «прийнятного ризику». Ця концепція передбачає можливість негативних подій як неминучих в процесі функціону-

вання виробничих об'єктів та наявність необхідних засобів та способів для запобігання її виникнення та розвитку. Відповідно до концепції «прийнятного ризику» практична діяльність підприємства не може бути виправдана, якщо вигода від цієї діяльності в цілому не перевищує викликаного нею імовірного збитку. Під час планування заходів щодо забезпечення безпечних (нешкідливих) умов функціонування треба враховувати весь спектр існуючих небезпек. Обґрунтованим вважається варіант збалансованих витрат на створення систем безпеки за рахунок зниження рівня ризику і підвищення вигоди, яка одержується від господарської діяльності.

Виходячи з формалізованого підходу ризику можна поділити на три категорії:

- ◆ прийнятний ризик (рівень ризику, з яким суспільство в цілому може миритися заради одержання визначних благ чи вигоди в результаті своєї діяльності);
- ◆ ризик, що вимагає подальших оцінок;
- ◆ неприйнятний ризик (рівень ризику, який встановлюється адміністративними чи регулювальними органами як максимальний, вище якого необхідно приймати заходи для його усунення).

Прийнятність ризику в різних ситуаціях може бути визначена виходячи з аналізу законодавства промислової безпеки, правил і норм безпеки, додаткових вимог уповноважених органів, що впливають на підвищення промислової безпеки, наявних статистичних даних про негативні події та їхні наслідки. Метою аналізу ризику є ідентифікація та оцінка всіх чинників, що впливають на небезпеку (шкідливість) об'єкта, оцінка імовірності негативної події, її наслідків.

Слід зауважити, що Закон України «Про страхові тарифи на загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професій-

ного захворювання, які спричинили втрату працездатності» від 22.02.2001 р. встановлює страхові тарифи на страхування в залежності від професійного ризику виробництва. Отже, в законодавчому порядку закріплений механізм економічного управління діяльністю по створенню безпечних нешкідливих умов праці на виробництві. Оскільки віднесення підприємства до одного з класів здійснюється шляхом аналізу стану охорони праці за попередній період, керівництво підприємства зацікавлене в створенні таких умов праці, які дозволять на наступний рік знизити професійний ризик, і, як наслідок, сумарні витрати з охорони праці. При цьому існує проблема визначення цього ризику, а також вибору оптимальних рішень щодо покращення умов праці. Для обґрунтування вибору оптимального рішення з множини можливих використовуються спеціальні та експертні методи підтримки прийняття рішень.

На сьогоднішній день існують методики оцінки ризику аварій для об'єктів різних галузей, насамперед — для об'єктів підвищеної небезпеки. Однак питання наукового обґрунтування кількісної оцінки ризиків виробничого травматизму та професійних захворювань для конкретних виробництв залишаються невирішеними.

Авторами запропоновано свій підхід для вирішення цієї проблеми, згідно з яким була розроблена методика визначення і використання отриманих даних з метою керованого впливу на рівень виробничої безпеки. Ця технологія прийняття рішень по управлінню ризиком професійної захворюваності може бути викладена у вигляді алгоритму, що складається з наступних етапів.

**Етап 1. Отримання інформації про ситуацію.** Основою для отримання інформації про ситуацію прийняття рішення є підготовка аналітичного матеріалу, що відображає головні характеристики і тенденції розвитку ситуації. Для сфери охорони праці одним із найбільш важливих методів є застосування порівняльної оцінки з іншими періодами або з іншими робочими місцями, де використовуються аналогічні технологічні процеси та обладнання. Щоб мати можливість встановити динаміку розвитку ситуації під впливом тих або інших чинників, необхідно перейти до кількісних методів, вводячи в розгляд

кількісні характеристики чинників у вигляді змінних, значення яких можуть змінюватися в певному діапазоні в залежності від можливих впливів. Множину чинників, що мають кількісні характеристики, можна виразити як  $X = \{X_i\}$ . Показник, що враховує всі чинники, які призводять до ризику професійної захворюваності та травматизму, може бути представлений у вигляді математичного виразу:  $Y = F(X_1, X_2, \dots, X_N)$ . Цей показник розраховують за результатами обробки статистичних даних.

Для виявлення чинників, що визначають розвиток ситуації, можуть бути використані спеціально розроблені методи, такі як факторний, регресійний, кореляційний аналіз та інші.

**Етап 2. Прогноз розвитку ситуації.** Особливу роль при прийнятті рішень відіграють проблеми, пов'язані з оцінкою очікуваного розвитку ситуації, що аналізується, та очікуваних результатів реалізації запропонованих альтернативних варіантів рішень.

Не прогнозуючи хід розвитку подій, керувати, принаймні, нерозумно. Оскільки при використанні експертної інформації велике значення мають не лише кількісні, але і якісні оцінки, традиційні методи розрахунків прогнозів далеко не завжди можуть бути застосовані. До того ж у багатьох складних ситуаціях не завжди особа, що приймає рішення (ОПР), володіє достовірною статистичною інформацією, необхідною для розробки прогнозу. Перераховані вище причини роблять актуальною проблему застосування методів прогнозування, зорієнтованих як на кількісні показники, так і на якісні експертні оцінки.

**Етап 3. Генерування та оцінка альтернативних варіантів рішень.** Генерування альтернативних варіантів рішень, керуючих впливів і т.д. може здійснюватись або безпосередньо, або за допомогою спеціальних процедур. При генеруванні альтернативних варіантів управлінських рішень в повній мірі мають використовуватися інформація про ситуацію прийняття рішення, результати аналізу і оцінки ситуації, результати її діагностики і прогнозу розвитку ситуації за різних альтернативних варіантах можливого розвитку подій.

Після того як розроблено альтернативні варіанти управлінських впливів, пред-

ставлені у вигляді ймовірної технологічної послідовності дій, можливих способів реалізації варіантів рішень має бути здійснений їх попередній аналіз з метою відсівання варіантів, які не можуть бути застосовані або поступаються іншим, також запропонованим для розгляду. Для відбирання основних варіантів управлінських впливів необхідно враховувати їх досить високу порівняльну оцінку та відсутність дублювання, щоб спектр альтернативних варіантів рішень, відібраних для більш глибокого оцінювання, був достатньо повним. Також повинні враховуватися специфічні особливості ситуації, встановлені під час її діагностики.

У розпорядженні ОПР є  $k$  різних способів керуючих впливів (управлінських рішень) на стан умов праці до ситуації, що склалася:  $U = \{U_k\}$ . Аналіз декількох альтернативних варіантів розвитку ситуації, як правило, виявляється більш інформативним і сприяє виробленню більш ефективних рішень.

**Етап 4. Прийняття рішення ОПР.** Результати попередньої оцінки альтернативних варіантів рішень служать основою для прийняття остаточного варіанту управлінського рішення. Задача прийняття рішень по управлінню ризиком професійних захворювань та травматизму полягає в обґрунтованому визначенні критеріїв, застосування яких до множини наявних альтернатив можливих рішень дозволить вибрати найбільш придатну для досягнення поставленої цілі альтернативу.

Ризик вважається категорією ймовірності. Тому під час кількісного визначення ступеня ризику використовуються ймовірнісні розрахунки. Головними параметрами випадкової величини  $X_i$ , що вивчається, при цьому є середнє значення для  $n$  можливих значень випадкової величини, яке визначається з виразу:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i P_i, \quad (1)$$

де  $P_i$  – ймовірність появи випадкової величини; дисперсія  $\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 P_i$ ; середньоквадратичне відхилення  $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ .

Як показує практика, найбільш часто використовується нормальний розподіл, при цьому нормально розподілена випадкова ве-

личина є неперервною і її диференціальна функція розподілу має вигляд:

$$y = F(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}. \quad (2)$$

Ймовірність потрапляння випадкової величини в інтервал  $(\alpha, \beta)$  визначається через інтегральну функцію густини ймовірності:

$$P = P(\alpha < x < \beta) = \int_{\alpha}^{\beta} F(X) dx. \quad (3)$$

Отримана таким чином ймовірність характеризує ймовірності досягнення результату, який очікується.

**Етап 5. Реалізація та контроль прийнятого управлінського рішення.** Важлива задача даного етапу полягає у створенні умов для успішної реалізації прийнятого рішення. Для цього необхідно виробити план дій, оскільки від вибраного переліку дій, послідовності їх здійснення, встановлених термінів та виділених ресурсів залежить успішне виконання рішення.

Забезпечення ефективної діяльності під час виконання управлінського рішення передбачає безперервний контроль за ходом реалізації прийнятих планів дій. Сучасні технології, що використовують комп'ютерний супровід, дають можливість одночасно відстежувати як хід реалізації певних запланованих заходів, так і зміни зовнішніх умов, за яких відбувається виконання плану. Зміни умов реалізації, особливо за наявності аналізу чутливості до змін, що намітилися, мають бути також проаналізовані з метою визначення можливих змін реалізації плану.

**Етап 6. Аналіз результатів розвитку ситуації після реалізації управлінських впливів.** Реалізований план або його фрагмент потребують ретельного аналізу з метою оцінки ефективності прийнятих управлінських рішень та наслідків їх реалізації. Такий аналіз повинен визначити слабкі і сильні місця прийнятих рішень і планів їх реалізації та додаткові можливості і перспективи, які відкриваються внаслідок змін, що відбулися.

Необхідними умовами реалізації нової технології управління ризиком професійного захворювання для зварників є наявність постійно поновлюваних статистичних даних, що характеризують умови праці,

а також відповідного математичного та програмного забезпечення.

Отже, запропонований алгоритм прийняття рішень по управлінню ризиком професійної захворюваності дозволить одержати науково-обґрунтовані рекомендації щодо планування заходів, спрямованих на досягнення визначеного ризику професійних захворювань у працівників зварювального виробництва. Необхідні статистичні дані заносяться із санітарно-технічних паспортів підрозділів, що регулярно заповнюються і містять інформацію (відповідно до умов конкретного виробництва) щодо допустимого та фактичного рівнів запиленості, загазованості, рівнів випромінювання тощо.

Крім того, як свідчать дослідження, проведені в у мовах виробництв, на ризик професійного захворювання впливає виконан-

ня (невиконання) працівниками режиму праці та відпочинку, наявність та фактичне використання ними засобів індивідуального захисту, функціонування засобів колективного захисту тощо. Таким чином, врахування та обробка вказаних даних з використанням програмних засобів дозволить автоматизувати процес розрахунків, накопичення баз даних та отримання прогнозу оцінки впливу чинників на працюючих і, як наслідок, оцінити ризик професійного захворювання. До того ж, наведений алгоритм надає можливість використовувати поточні дані, що характеризують стан охорони праці, підвищити рівень наукової обґрунтованості планування заходів з профілактики професійної захворюваності, забезпечити системний контроль їх виконання.

● #1408

**17 марта ушел из жизни Анатолий Андреевич КАЙДАЛОВ — доктор технических наук, вице-президент Общества сварщиков Украины, известный специалист в области технологий электронно-лучевой сварки и инженерии поверхности**

А. А. Кайдалов родился 16 ноября 1948 г. в с. Ольховатка Белгородской обл. В 1971 г. окончил Харьковский государственный университет им. Горького (сейчас Харьковский национальный университет им. Каразина) по специальности «Радиофизика и электроника».

После окончания университета работал в ИЭС им. Е. О. Патона, где прошел путь от аспиранта до заведующего лабораторией. В 1976 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, а в 1996 г. — доктора технических наук по специальности «Технология и машины сварочного производства». В 1985 г. ему присвоено ученое звание старшего научного сотрудника, в 2003 г. получил диплом международного инженера-сварщика.

Анатолий Андреевич принимал активнейшее участие в разработке и внедрении в производство современных высокоэффективных технологий и оборудования для электронно-лучевой сварки крупногабаритных изделий из толстолистовых сталей и титановых сплавов для предприятий авиа- и судостроительной промышленности, в создании программного и автоматического управления процессами электронно-лучевой сварки и термоупрочнения. Выполнил ряд работ по разработке технологий электронно-лучевой резки и термоупрочнения поверхности, разработал технологию упрочнения металлорежущего инструмента плазменным разрядом в вакууме.

Он проводил исследования в области резки и очистки поверхности конструкционных материалов, влияния ультразвуковых колебаний на качество сварных соединений.

За работы в области производства газотурбинных двигателей в 1991 г. удостоен Премии Совета Министров СССР.

А. А. Кайдалов — автор свыше 170 научных трудов, в том числе 7 монографий и 43 изобретений. Он член редколлегии журналов «Сварщик», «Сварщик Беларуси» и Varilna Tehnika (Словения).

Глубокие знания Анатолия Андреевича в различных областях сварочного производства снискали ему заслуженное признание и высокий авторитет среди сварщиков не только Украины, но и за рубежом.

В 2010 г. он избирается вице-президентом Общества сварщиков Украины. С присущей ему активностью много сил и энергии отдает делу профессиональной подготовки сварщиков, организации конкурсов профессионального мастерства и повышению престижа профессии сварщика. Благодаря его инициативе республиканские конкурсы стали Международными, а сварщики Украины активно участвуют в конкурсах в России, Беларуси, Чехии и Китае. За огромную работу в этом направлении он награжден Почетным отличием Общества сварщиков Украины «За личный вклад в развитие сварочного производства».

Светлая память об Анатолии Андреевиче надолго сохранится в сердцах тех, кто его знал, с кем он сотрудничал.

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



# Разработки. Испытания. Внедрение

## В ТМК-ИНОКС введена в эксплуатацию линия продольной резки металла

На предприятии ТМК-ИНОКС, совместном проекте РОСНАНО и Трубной Металлургической Компании (ТМК), на площадке в Каменске-Уральском в рамках стратегической программы реконструкции производства нержавеющей труб введена в эксплуатацию линия продольной резки (ЛПР) рулонного металла. Поставщиком оборудования выступила швейцарская фирма SYTCO.

Новая линия предназначена для продольной резки рулонов металла массой до 30 т, шириной до 1600 мм и толщиной 0,4–6,0 мм. Агрегат, произведенный в соответствии со стандартами ЕС, обеспечивает высокую скорость резки — до 200 м/мин.

С учетом нового оборудования ТМК-ИНОКС в на-

стоящее время обладает технической возможностью ежегодно выпускать восемь тысяч тонн нержавеющей трубной продукции (диаметром 8–114 мм), соответствующей лучшим мировым образцам, зарубежным и отечественным стандартам, для предприятий автомобилестроения, пищевой, энергетической и строительной промышленности.

«Установленная линия резки позволит нам обеспечить заготовкой свое производство электросварных труб как в Каменске-Уральском, так и в Москве, — отметил генеральный директор ТМК-ИНОКС Леонид Марченко. — Возможность самостоятельно резать заготовку под поступающие заказы значительно сократит сроки изготовления труб и оптимизирует производственную логистику».

[www.rusmet.ru](http://www.rusmet.ru)

## ЧТПЗ и РОСНАНО внедряют нанотехнологии в производство труб и соединительных деталей трубопроводов

РОСНАНО и ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» (ЧТПЗ) объявили о начале совместного инвестирования в проекты, в рамках которых планируется модернизация существующих мощностей ОАО «ЧТПЗ», а также строительство новых производственных площадок для выпуска широкого ассортимента нержавеющей труб и деталей к ним.



Общий бюджет проектов составит 15,4 млрд руб., включая софинансирование РОСНАНО в размере 7,4 млрд руб.

В производстве найдут применение специальные материалы и технологические процессы, которые приводят к образованию наноструктур в материалах изделий. Это позволит достичь значительного увеличения прочности и эксплуатационной надежности продукции. В частности, одной из применяемых технологий будет сварка швов деталей с использованием титана и бора, чьи наноразмерные соединения играют основную роль в упрочнении структуры изделий.

Основными потребителям труб и соединительных деталей являются нефтегазовые компании, использующие данную продукцию в строительстве магистральных трубопроводов, а также для технологических обвязок компрессорных, нефтеперекачивающих и насосных станций. Применение нанотехнологий в производстве нержавеющей труб и соединительных деталей позволит увеличить срок эксплуатации оборудования на вышеперечисленных объектах ТЭК, отмечается в пресс-релизе РОСНАНО.

[www.rusmet.ru](http://www.rusmet.ru)

## Украинские гидротурбины успешно испытаны на мексиканской ГЭС

В декабре 2013 г. в Мексике прошли успешные натурные испытания гидротурбин производства украинской компании «Турбоатом». Испытания в Мексике провела норвежская фирма Sweco. По результатам тестирования турбины сданы в эксплуатацию на ГЭС Ла Йеска в Мексике. «Турбоатом» предоставил гарантийный срок штатной работы гидротурбин — два года.

«Впервые испытания гидротурбин «Турбоатома» проводились абсолютным термодинамическим методом. По результатам предварительного отчета «Турбоатом» подтвердил гарантии по мощности и КПД турбины», — говорится в сообщении компании.

Для мексиканской ГЭС Ла Йеска ОАО «Турбоатом» в соответствии с контрактом от 2008 г. уже изготовил две радиально-осевые турбины с диаметром рабочего



колеса 5,3 м. Одна такая турбина вырабатывает 380 МВт электрической мощности. Общая номинальная мощность ГЭС Ла Йеска составила 750 Мвт.

**Алексей Петров.** По материалам: <http://www.steelland.ru/news/engineering/685.html>

### Завод «Кристалл» произведет для Запорожстали машину плазменной и газокислородной резки листового металла

Николаевский производитель сварочного оборудования и порталных машин термической резки металла завод «Кристалл» выиграл тендер одного из крупнейших металлургических комбинатов Украины — ОАО «Запорожсталь» на производство и поставку машины газокислородной резки порталного типа.

Машина «Кристалл ППлКП 2,5» предназначена для обработки листового металла 2,5×12 м и толщин от 3 до 100 мм. Комбинированное исполнение машины обеспечит возможность фигурного раскроя металлических листов с использованием технологий плазменной и газовой резки.

Кинематическая точность машины при координатной резке доведена до  $\pm 0,3$  мм и обеспечивается применением синхронных координатных двигателей, сервоприводов и системы ЧПУ австрийской фирмы Bernecker & Rainer Industrie-Elektronik GmbH, которыми завод «Кристалл» комплектует все машины такого типа.

«Автоматизированный раскрой металла по программе — неотъемлемый процесс в производстве металлоконструкций, — сообщил Максим Котов, коммерческий директор завода «Кристалл». — Мы произведем машину, предназначенную для автоматической резки листа в промышленных условиях при помощи плазменных и газокислородных процессов с использованием системы программного управления».

Отличительной особенностью установки, по словам Котова, является ее высокая кинематическая и технологическая точность, а также надежность за счет применения механических и электронных узлов производства Австрии и США.

**Справка.** ООО «Завод «Кристалл» — производитель сварочного оборудования и порталных машин с ЧПУ для фигурной газокислородной и плазменной резки черных и цветных металлов.

[www.news.kompass.ua](http://www.news.kompass.ua)

### В Казани открылся инжиниринговый центр промышленных лазерных технологий «КАИ-Лазер»

В декабре прошлого года в Казани состоялась торжественная церемония официального открытия Регионального инжинирингового центра промышленных лазерных технологий «КАИ-Лазер».

В ознаменование открытия центра президент Татарстана Рустам Минниханов нажал кнопку запуска станка резки металла.



«КАИ-Лазер» создан на средства республиканского и федерального бюджетов при участии компании IPG Photonics. В центре размещены 11 лазерных комплексов, включающих волоконные лазеры различной мощности и охватывающие все виды лазерной обработки материалов. Мощность лазеров от 20 Вт до 30 кВт.

Почетным гостям мероприятия рассказали о преимуществах лазерной обработки материалов, продемонстрировали в действии станки инжинирингового центра.

В Инжиниринговом центре, открытом на базе КАПО им. Горбунова, будут разрабатываться новые лазерные технологии, осуществляться подготовка кадров и проведение исследований. Он позволит малым предприятиям интегрироваться в производственный цикл крупных промышленников за счет вывода на аутсорсинг работ по производству комплектующих. В реальном производстве один лазер может заменить 3–5 «классических» металлообрабатывающих станков.

[www.i-mash.ru](http://www.i-mash.ru)

### Новейший стан для прокатки жаропрочных сплавов и молибдена испытан во ВНИИМЕТМАШ

Новейший стан для прокатки жаропрочных сплавов и молибдена испытан во ВНИИМЕТМАШ. Лабораторный стан новой конструкции для холодной прокатки жаропрочных сплавов и молибдена был опробован в ходе холостых испытаний и передан заказчику в начале декабря прошлого года.

Созданный конструкторами ВНИИМЕТМАШ новый стан способен прокатывать металл как в листах, так и в рулонной ленте, при этом толщина листа

составляет 0,4 мм, а длина 1200 мм. При прокатке ленты толщина ее составляет 0,05 мм, величина допуска по толщине в листах и ленте не превышает 10%.

Несмотря на то, что новый прокатный стан является лабораторным оборудованием, он имеет оригинальную компоновку и полностью автоматизирован. Подобно станам промышленного типа, он имеет системы технологической смазки и охлаждения (СОЖ), гидравлическую систему нажимных устройств, а также систему электроприводов и автоматике, обеспечивающую синхронизацию работы всех механизмов.

[www.i-mash.ru](http://www.i-mash.ru)



# weldex

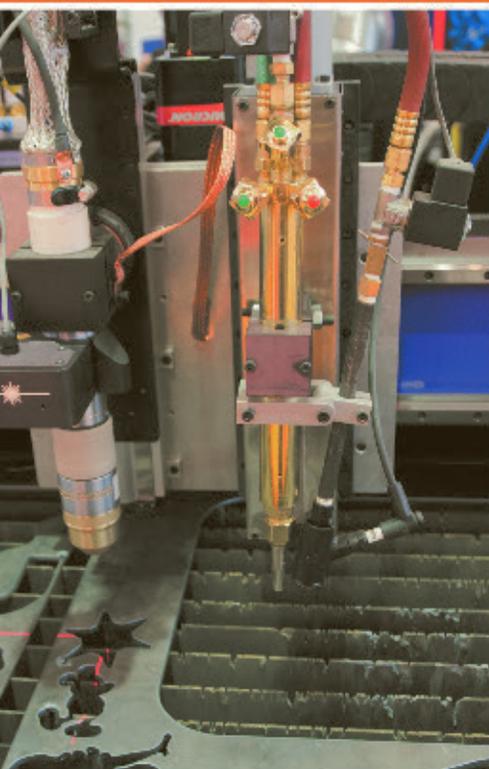
## РОССВАРКА

14-я Международная выставка  
сварочных материалов, оборудования и технологий

7–10 октября 2014 года  
Москва, КВЦ «Сокольники»

Всё для сварки, резки и наплавки!

Более 250 компаний из 20 стран мира!



+7 (495) 935 81 00

[www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

забронируйте стенд на сайте [www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

Реклама

Организатор:



Официальная поддержка:



Генеральный  
информационный партнер:



## Открыта подписка-2014 на журнал «Сварщик»

в почтовых отделениях Украины,  
подписной индекс 22405. Подписку на журнал  
можно оформить у региональных представителей:

Город	Название подписного агентства	Телефон
Винница	ЗАО «Блиц-Информ»	(0432) 27-66-58
	«Баланс-Клуб»	(056) 370-44-23
Днепропетровск	ЗАО «Блиц-Информ»	(056) 370-10-50
	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
Донецк	ЗАО «Блиц-Информ»	(062) 381-19-32
Житомир	ЗАО «Блиц-Информ»	(0412) 36-04-00
Запорожье	ЗАО «Блиц-Информ»	(0612) 63-91-82
	ЧП ККК «Пресс Сервис»	(0612) 62-52-43
Ивано-Франковск	ЗАО «Блиц-Информ»	(03422) 52-28-70
	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
Киев	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	АОЗТ «САММИТ»	(044) 537-97-44
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кременчуг	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
	ООО «САММИТ-Кременчуг»	0536(6) 3-21-88
Кривой Рог	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 66-24-36
Луганск	ЗАО «Блиц-Информ»	(0642) 53-81-07
Луцк	ЗАО «Блиц-Информ»	(0332) 72-05-48
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0322) 39-28-69
Львов	«Львівські оголошення»	(0322) 97-15-15
	ООО «САММИТ-Львов 247»	(0322) 74-32-23
	«Фактор»	(0322) 41-83-91
Мариуполь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Нежин	ЧП «Прес-Курьер»	(04631) 5-37-66
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
Николаев	ООО «Ноу Хау»	(0512) 47-20-03
	ООО «САММИТ-Николаев»	(0512) 23-40-86
	ЧП «ТЕПС & Со»	(0512) 47-47-35
Одесса	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
Прилуки	ЧП «Прес-Курьер» (филиал)	(04637) 3-04-62
Полтава	ЗАО «Блиц-Информ»	(05322) 7-31-41
Ровно	ЗАО «Блиц-Информ»	(0362) 62-56-26
Севастополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0692) 55-44-51
Симферополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0652) 24-93-00
	ДП «САММИТ-Крым»	(0652) 44-36-95
Сумы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0542) 27-52-09
	ООО «Диада»	(0542) 37-03-55
Тернополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0352) 43-08-10
Ужгород	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
Харьков	АОЗТ «САММИТ-Харьков»	(0572) 14-22-61
	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
Херсон	ДПЗАО «Блиц-Информ»	(0552) 26-36-49
Хмельницкий	ЗАО «Блиц-Информ»	(0382) 79-24-23
	ВКП «Фактор-Запад»	(0382) 70-20-93
Черкассы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0472) 47-05-51
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(03722) 2-00-72
Чернигов	ЗАО «Блиц-Информ»	(04622) 4-41-61

## ТАЛОН-ЗАКАЗ

на книги издательства «Экотехнология»

Название книги Цена (грн.)

**В. М. Бернадский та ін.** Російсько-український та українсько-російський словник зварювальної термінології. 2001. — 224 с. . . . . 30

**В. И. Лакомский, М. А. Фридман.** Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с. . . . . 40

**А. А. Кайдалов.** Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. . . . . 50

**О. С. Осика та ін.** Англо-український та українсько-англійський словник зварювальної термінології. 2005. — 256 с. . . . . 40

**В. М. Корж.** Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник. 2005. — 196 с. . . . . 40

**В. Я. Кононенко.** Газовая сварка и резка. 2005. — 208 с. . . . . 40

**С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин.** Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с. . . . 60

**А. Я. Ищенко и др.** Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. с илл. . . . 30

**П. М. Корольков.** Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с. . . . 40

**А. Е. Анохов, П. М. Корольков.** Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. — 320 с. . . . . 40

**Г. И. Лащенко.** Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с. . . . . 50

**А. А. Кайдалов.** Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с. . . . . 50

**П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев.** Плазменная наплавка. 2007. — 292 с. . . . . 50

**А. Г. Потопьевский.** Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с. . . . . 50

**Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко.** Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. — 168 с. . . . . 40

**Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др.** Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. — 248 с. . . . . 50

**З. А. Сидлин.** Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с. . . . . 60

**А. А. Кайдалов.** Современные технологии очистки поверхностей конструкционных материалов: научно-производственное издание. 2009. — 540 с. . . . 60

**В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко.** Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. — 400 с. . . . . 50

**В. Н. Корж, Ю. С. Попиль.** Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010. — 194 с. . . . 40

**Г. И. Лащенко.** Современные технологии сварочного производства. 2012. — 720 с. . . . . 90

Книги прошу выслать по адресу:  
Куда . . . . . почтовый индекс . . . . .

Кому . . . . .

Счет на оплату прошу выслать по факсу:  
(. . . . .)

Реквизиты плательщика НДС:  
Св. № . . . . . идент. № . . . . .

Ф. И. О. лица, заполнившего талон, телефон для связи:  
. . . . .

. . . . .

Заполните этот талон и вышлите в редакцию журнала «Сварщик» по адресу: 03150 Киев, ул. Горького, 62Б или по факсу: (044) 287-6502.

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.  
В 2013 г. цены на наши издания снижены на 20–30%.

# Сервисная карточка читателя

Без заполненного  
формуляра  
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: **03150 Киев-150, а/я 52 «Сварщик».**

1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409  
1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418  
1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427  
1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436  
1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445  
1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454  
1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463  
1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472

Ф. И. О. \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

Предприятие \_\_\_\_\_

Подробный почтовый адрес: \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

\_\_\_\_\_ *подпись*

## Формуляр читателя

Ф. И. О. \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

Предприятие \_\_\_\_\_

Виды деятельности предприятия \_\_\_\_\_

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги \_\_\_\_\_

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

## Тарифы на рекламу в 2014 г.

### На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Грн.*
1 полоса	210×295	4000
1/2 полосы	180×125	2000
1/4 полосы	88×125	1000

### На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Грн.*
1 (первая)	215×185	9000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	6000
2 и 7		5500

### На страницах внутренней обложки

Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн.*
3 (1 полоса)	210×295	5000
4 (1 полоса)	210×295	4800
5-6 (1 полоса)	210×295	4500
5-6 (1/2 полосы)	180×125	2300

\* Для организаций-резидентов Украины (цены с НДС).  
Для организаций-нерезидентов Украины возможна оплата в национальной валюте по официальному курсу.

Рекламная статья: 1 полоса (стр.) — 1500 грн.

### Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
• Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Тарифы на рекламу универсальные — одинаковые для журналов «Сварщик» и «Сварщик в России».  
При размещении рекламных-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется дополнительная скидка 5%.

### Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»:  
формат журнала после обрезки 205×285 мм;  
до обрезки 210×295 мм; **внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 20 мм.**  
**Цветные:** TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC 5-11, include placed images (CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9-12, текст в кривых.  
**Сопроводительные материалы:** желательна распечатка с названием файла и точными размерами макета. Размеры макета должны точно соответствовать вышеуказанным.  
**Носители:** флэш-диск, DVD или CD-ROM.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в №3 — до 15.05)

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**  
тел./ф.: (0 44) **200-80-14**, (050) 413-98-86 (моб.)  
e-mail: welder.kiev@gmail.com, tr@welder.kiev.ua  
http://www.welder.kiev.ua/

Заполняется печатными буквами



# ПАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

Украинское предприятие ПАО «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 GmbH на соответствие требованиям стандарта ISO 9001:2008 и Государственного предприятия Научно-технический центр «СЕПРОЗ» при ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT).

Нашим предприятием освоено промышленное производство специальных плавящих продуктов-шлаков для использования в шихте при производстве керамических флюсов, порошковых проволок и других сварочных материалов.

**Марка MS** – марганцевый шлак, индекс основности по Бонишевскому менее 1,0.

**Марка CS** – шлак нейтрального типа с рафинирующими свойствами, индекс основности по Бонишевскому 1,1.

**Марка AR** – шлак алюминатно-рутилового типа с хорошими сварочно-технологическими свойствами, индекс основности по Бонишевскому 0,6.

Размер частиц: 0,05–0,63 мм (50–630 микрон)  
Влажность: не более 0,025% при 200°C.



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



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

АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АП, АН-47, АН-47ДП, АН-60, АН-60М, АН-20С, АН-20П, АН-26С, АН-26П, АН-67, ОСЦ-45, ОСЦ-45М.  
(ГОСТ 9087-81, ТУ У 05416923.049-99, ГОСТ Р 52222-2004).

**СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ** (ГОСТ 13079-81)

**силикатный модуль от 2,0 до 3,5.** Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.

**СТЕКЛО НАТРИЕВОЕ ЖИДКОЕ** (ГОСТ 13078-81)

**модуль 2,3–3,6 плотность от 1,35 до 1,52.** (ТУ У 20.1-00293255-004:2014)

**модуль 1,5–3,0 плотность от 1,40 до 1,62.** Возможно изготовление жидкого стекла с модулем и плотностью, соответствующим индивидуальным требованиям заказчика. Применяется в литейном производстве, в химической, машиностроительной бумажной промышленности, в черной металлургии, для производства сварочных материалов и др.

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

ПАО «Запорожстеклофлюс»  
Украина, 69035, г. Запорожье,  
ГСП-356, ул. Диагональная, 2.  
Отдел внешнеэкономических  
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 ПАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Российской Федерации  
**ЗАО «ЕвроЦентр-Профит», г. Москва.** Отгрузка со складов Москвы, Курска.  
Тел. (495) 646-2755, 988-3897 — Коваленко Людмила Викторовна, Кашацев Владимир Викторович, Кашацев Юрий Викторович

ООС «Триада Сварка»  
с 1992 г. на рынке  
сварочного оборудования  
Украины



**ТРИАДА  
СВАРКА**

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОСТАВЩИК  
СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
СВАРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПОЛНАЯ  
КОМПЛЕКТАЦИЯ СВАРОЧНЫХ  
ПРОИЗВОДСТВ

РЕМОНТ ЛЮБОГО СВАРОЧНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ

ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ  
РАБОТЫ

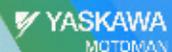
ШИРОКИЙ ВЫБОР  
СВАРОЧНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ СИСТЕМНЫЙ  
ИНТЕГРАТОР ПРОМЫШЛЕННЫХ  
РОБОТИЗИРОВАННЫХ СВАРОЧНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ  
YASKAWA MOTOMAN (ЯПОНИЯ) И  
FRONIUS INTERNATIONAL (АВСТРИЯ)

ПЕРВЫЙ В УКРАИНЕ СЕРВИСНЫЙ  
ЦЕНТР ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И  
РЕМОНТУ РТК МОТОМАН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА  
ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ



ЗАПОРОЖЬЕ,  
(0612) 34-34-23  
(061) 213-22-69

[RFA-ROBOTICS.COM](http://RFA-ROBOTICS.COM)

Запорожье, ул. 40 лет Сов. Украины, 82, оф. 79  
тел.: (061) 220-00-79, 233-10-58

Днепропетровск, пр. Кирова, 58, оф. 6  
тел.: (056) 375-65-83

Киев, ул. Сырецкая, 35  
тел.: (044) 222-53-09

[www.triada-welding.com](http://www.triada-welding.com), [sales@triada-welding.com](mailto:sales@triada-welding.com)

TECHNOLOGY FOR THE WELDER'S WORLD

## Total Torch Technology ...



... made by **ABICOR BINZEL!**

Завжди характеризуєся технологічним лідерством і динамічним розвитком в світі зварювання і різання. Майже для всіх матеріалів, заготовок та з'єднань ABICOR BINZEL в стані запропонувати якісне та сучасне обладнання, не залишаючи і долі сумнівів у правильності його вибору.

Запитуйте в мережі офіційних дистриб'юторів та в головному офісі ПП ТОВ Бінцель Україна ГмбХ!

ПП ТОВ Бінцель Україна ГмбХ

08130, Київська область,  
с.Політавська Боршівська,  
ул. Політавська, 24  
Тел./факс: +38 (044) 403 1289;  
405 1398, 405 1459, 405 1585  
E-mail: info@binzel.kiev.ua  
www.binzel-abicor.com

**ABICOR  
BINZEL**

www.binzel-abicor.com



**FRUNZE** Сумы  
**ЭЛЕКТРОД**

**СВАРОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ  
ОТВЕТСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**



Комплекс оборудования для Мубарецкого ГПЗ



Сварено электродами ООО «ФРУНЗЕ-ЭЛЕКТРОД»

1. Система качества по ДСТУ ISO 9001:2009.
2. Сертификатные испытания каждой партии электродов.
3. Изготовление на швейцарском оборудовании.
4. Вакуумная упаковка.
5. Маркировка каждого электрода.

ООО «ФРУНЗЕ-ЭЛЕКТРОД»  
Украина, 40004, г. Сумы,  
ул. Горького, 58  
Тел./факс: +38 (0542) 22-13-42,  
+38 (0542) 22-54-38  
Тел.: +38 (0542) 68-60-31

**ООО «ФРУНЗЕ-ЭЛЕКТРОД»**

E-mail: frunze@i.ua  
www.frunze.com.ua

LTD Frunze-Electrodes  
58, Gorky Street, Sumy,  
40004, Ukraine  
Tel./Fax: +38 (0542) 22-13-42  
+38 (0542) 22-54-38  
Tel.: +38 (0542) 68-60-31