

# ЛИНЕЙКА ОБОРУДОВАНИЯ POWER WAVE ПРОИЗВОДСТВА ЛИНКОЛЬН ЭЛЕКТРИК

## МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ С УПРАВЛЕНИЕМ ФОРМОЙ ТОКА

### ➤ **НОВИНКА: Power Wave® S500**

Многофункциональный источник питания для сварки Power Wave® S500, в котором применены самые передовые технологии компании Линкольн Электрик. Предназначен для сварки с чрезвычайно быстрым откликом аппарата на изменения дуги. Наличие более 65 программ обеспечивает оптимальные результаты при сварке разнообразных материалов: от углеродистых до высоколегированных сталей, алюминия и его сплавов, сплавов на основе никеля, меди и других металлов. Аппарат имеет высокую эффективность преобразования сетевой мощности, что снижает себестоимость сварочных работ.

#### **ХАРАКТЕРИСТИКИ:**

**Технология PowerConnect™** — Технология автоматической адаптации к напряжению сети в диапазоне от 200 В до 600 В, 50/60 Гц, однофазной или трехфазной сети переменного тока. Сварочная мощность остается стабильной при любых параметрах напряжения питающей сети.

**Tribrid™ Power Module** — Силовой модуль с тройным преобразованием, обеспечивает исключительно высокий коэффициент мощности и эффективности.

**Production Monitoring™ 2** — Программное обеспечение для контроля сварочного производства, позволяет отслеживать, сохранять сварочные параметры, конфигурировать ограничения, выполнять анализ производственных процессов с целью усовершенствования.

**Компактный и прочный корпус.** Класс защиты IP23, позволяет работать в тяжелых цеховых условиях, в том числе на открытом воздухе.

**Разъем Ethernet** позволяет легко обновлять встроенное программное обеспечение, диагностировать, осуществлять мониторинг с помощью программного обеспечения. Дополнительная информация на [www.powerwavesoftware.com](http://www.powerwavesoftware.com).



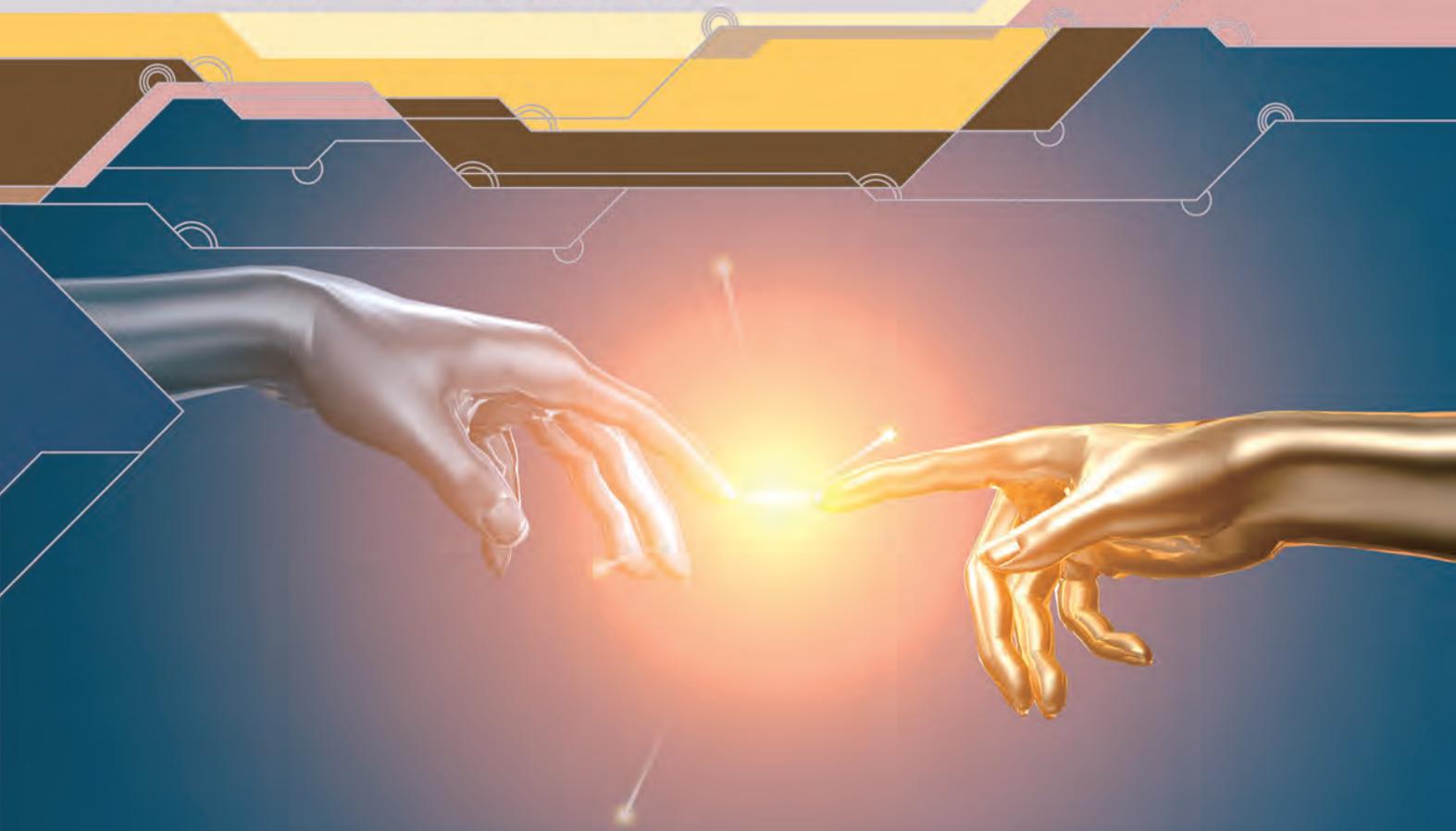
### **ЛИНКОЛЬН ЭЛЕКТРИК РЕКОМЕНДУЕТ:**

- **Power Wave® C 300** — компактный промышленный полуавтомат с расширенным набором функций. В стандартной комплектации полуавтомат оснащен полным набором синергетических программ и, кроме этого, программами Power Mode® & Rapid Arc®.
- **Power Wave® S350** — современный промышленный сварочный полуавтомат для сварки импульсным током, оснащенный рядом дополнительных функций. Источник может быть укомплектован различными механизмами подачи, работающих на протоколе Arclink®, например, LF-45 и Power Feed® 10M. Благодаря модульной концепции модели, аппарат может комплектоваться модулем STT® и блоком жидкостного охлаждения Coolarc® 50.
- **Power Wave® STT Module** — добавляет возможности процесса STT® к источнику питания Power Wave® S-серии для максимального контроля процесса сварки корневого шва труб по открытому зазору с формированием обратного валика и для сварки тонколистового материала. Так же при помощи модуля STT® может быть реализован процесс сварки Rapid X®, позволяющий производить высокоскоростную сварку углеродистых, низколегированных и нержавеющей сталей при отсутствии разбрызгивания металла.
- **Сварочные материалы** — Линкольн Электрик предлагает широкий спектр сварочных проволок для сварки в среде защитных газов, в том числе производства Российских заводов ОАО «Межгосметиз-Мценск» и ООО «Северсталь-метиз: сварочные материалы».

Линкольн Электрик Россия и СНГ  
 Тел. +7(48646)3-48-61, 4-04-75, 4-08-61  
 Тел. +7(495)660-94-04  
[www.mezhgosmetiz.ru](http://www.mezhgosmetiz.ru)  
[www.lincolnelectric.eu](http://www.lincolnelectric.eu)



# Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона



**ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона»** — представитель Института электросварки им. Е.О.Патона (Украина) в России. Основной вид деятельности — внедрение научно-технических разработок и достижений прикладной науки в реальное производство.

Институт электросварки им. Е.О.Патона в советское время являлся ведущим институтом в области сварки и родственных технологий и до сих пор остается крупнейшим в мире центром создания ресурсосберегающих и конкурентоспособных технологий сварки, наплавки, резки, восстановления, нанесения защитных покрытий и специальной металлургии. Более чем за 70-летнюю историю существования Института лучшими учеными страны создан и накоплен значительный интеллектуальный, научно-технический и производственный потенциал, позволяющий на самом высоком уровне создавать современные технологии, материалы и оборудование для всех отраслей промышленности.

**ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона»** предлагает технологии и услуги, направленные на оптимальное решение технических проблем с максимальным экономическим эффектом в условиях реального производства:

- технологии восстановления и продления ресурса уникальных металлоконструкций;
- проектирование и изготовление специализированного оборудования для сварочных и наплавочных работ;
- технический аудит, консалтинг применения сварочных технологий, материалов, оборудования;
- издание производственно-практического журнала «Сварщик в России», книги и брошюр по сварке и родственным технологиям.

3 (37) 2012

май – июнь

Журнал выходит 6 раз в год.

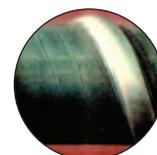
Издается с мая 2006 г.

Подписной индекс **20994**  
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **К0103** в каталоге российской  
прессы «Почта России» — персональная подписка

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Новости техники и технологий</b> .....	6
<b>Производственный опыт</b>	
Опыт эффективного промышленного применения плазменно-порошковой наплавки. <i>Е.Ф. Переплетчиков</i> .....	8
Эксплуатационные испытания опытных осей колесных пар, восстановленных плазменно-дуговой металлизацией. <i>В.Д. Лебедь, В.И. Липисий, В.В. Нестыкайло, В.И. Зеленин, П.М. Кавуненко, М.А. Полещук, В.В. Тисенков, С.В. Бондарев, С.А. Гаврилов</i> .....	14
Раскрой круглой заготовки. <i>М.М. Лилько</i> .....	16
<b>Наши консультации</b> .....	22
<b>Технологии и оборудование</b>	
Автоматизированная сварка монтажных стыков вертикальных цилиндрических резервуаров из рулонированных конструкций. <i>В.М. Илюшенко, В.А. Лысенко, В.Н. Петриченко</i> .....	24
Упрочняющая обработка металлообрабатывающего инструмента с использованием импульсно-плазменного устройства. <i>Ю.Н. Тюрин, О.В. Колисниченко, А.Н. Тищенко</i> .....	26
Анализ трибологических характеристик баббитовых покрытий, полученных активированной дуговой металлизацией и альтернативными методами. <i>Ю.С. Коробов, С.В. Невежин, М.А. Филиппов, Л.В. Гоголев, В.В. Илюшин, Б.А. Потехин</i> .....	30
Энергосберегающее оборудование для очистки воздуха от промышленных выбросов. <i>А.В. Ващенко</i> .....	34
Оборудование для сварки встык полимерных труб нагретым инструментом. <i>Н.П. Нестеренко, А.Н. Гальчун, В.Ю. Кондратенко</i> .....	38
Методы активизации решения творческих инженерных задач. <i>Г.И. Лащенко</i> ..	40
Малогабаритный сварочный инвертор для монтажных работ Handy 160. <i>А.М. Фивейский</i> .....	46
<b>Зарубежные коллеги</b> .....	48
<b>Выставки и конференции</b>	
XV международная выставка «Сварка-2012» .....	50
14-я Международная научно-практическая конференция «Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика» .....	54
Самые прогрессивные сварочные технологии на выставке «Weldex/Россварка 2012» в Москве .....	56
<b>Страницы истории</b>	
Трудный путь легкого металла в ракетостроение. Электронно-лучевая сварка. <i>А.Н. Корниенко</i> .....	58



<b>News of technique and technologies</b> .....	<b>6</b>
<b>Production experience</b>	
Experience of effective industrial application plasma-powder cladding. <i>E.F.Pereplechikov</i> .....	<b>8</b>
Operational tests of skilled axes of wheel pairs restored plasma-arc metallization. <i>V.D.Lebed', V.I.Lipisiy, V.V.Nestikaylo, V.I.Zelenin, P.M.Kovunenko, M.A.Polechchuk, V.V.Tistnkov, S.V.Bondarev, S.A.Gavrilov</i> .....	<b>14</b>
Cutting of round preparation. <i>M.M.Lil'ko</i> .....	<b>16</b>
<b>Our consultations</b> .....	<b>22</b>
<b>Technologies and equipment</b>	
The automated welding of assembly joints of vertical cylindrical tanks from roll-designs. <i>V.M.Ikyushenko, V.A.Lisenko, V.N.Petrichenko</i> .....	<b>24</b>
Hardening processing of the metalcutting tool with use of the impulse-plasma device. <i>Yu.Tyurin, O.V.Kolisnichenko</i> .....	<b>26</b>
The analysis tribology characteristics babbit coverings received activated arc metallization and alternative methods. <i>Yu.S.Korobov, S.N.Nevzchin, M.A.Filippov, L.V.Gogolev, V.V.Ilushin, V.A.Potekhin</i> .....	<b>30</b>
Energy-efficient equipment for air cleaning from industrial emissions. <i>A.V. Vashchenko</i> .....	<b>34</b>
The equipment for butt welding of polymeric pipes by the heated up tool. <i>N.P.Nesterenko, A.N.Gal'chun, V.Yu.Kondratenko</i> .....	<b>38</b>
Methods of activation of the decision of creative engineering tasks. <i>G.I.Lashchenko</i> .....	<b>40</b>
Small-sized welding inverter for installation work Handy 160. <i>A.M. Fiveyskiy</i> .....	<b>46</b>
<b>The foreign colleagues</b> .....	<b>48</b>
<b>Exhibitions and conferences</b>	
XV International exhibition «Welding-2012».....	<b>50</b>
14 <sup>th</sup> International theoretical and practical conference «Technologies of reinforcement, cladding and repairing: theory and practice».....	<b>54</b>
The most progressive technologies on the exhibition «Weldex/Rossvarka 2012» in Moscow.....	<b>56</b>
<b>Pages of a history</b>	
Difficult way of easy metal in rocket building. Electron beam welding. <i>A.N.Kornienko</i> .....	<b>58</b>



Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24185 от 25.04.2006, выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

**Издатель** ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е. О. Патона»

**Главный редактор** Б. В. Юрлов

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

**Маркетинг и реклама** А. Н. Храмчихина, Т. И. Коваленко

**Верстка и дизайн** Т. Д. Пашигорова

**Адрес редакции** 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19

**Телефон** +7 499 922 69 86

**Факс** +7 499 922 69 86

**E-mail** ct94@mail.ru

**URL** http://www.welder.msk.ru

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 в России» обязательна.

© «ЦТТ ИЭС им. Е. О. Патона», 2012

Подписано в печать 09.06.2012. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8». Тираж 3000 экз.

Заказ № 6018 от 08.06.2012.

Издание выходит при содействии информационно-технического журнала «Сварщик»

**Учредители** Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, ООО «Экотехнология»

**Издатель** ООО «Экотехнология»

**Главный редактор** Б. В. Юрлов

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

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

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

**Тел./факс** +380 44 287 6502, 287 6602

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

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

**ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА**

**Подписной индекс 20994  
в каталоге «Пресса России»**

**Подписной индекс К0103  
в каталоге российской прессы  
«Почта России» —  
персональная подписка**

### Опыт эффективного промышленного применения плазменно-порошковой наплавки

*Е.Ф. Переплетчиков*

Описаны области применения плазменно-порошковой наплавки (ППН). Рассмотрена эффективность ППН при различных процессах. Даны характеристики надежности наплавленных деталей. Рассмотрены технология и оборудование для ППН, разработанные в ИЭС им. Е.О. Патона.

### Раскрой круглой заготовки

*М.М. Лилько*

Описан опыт резки трубной заготовки на мерные длины на предприятии ООО «Завод Темп». Приведены режимы резки. Рассмотрены последовательность работы и ее особенности. Дана схема контроля и управления процессом резки заготовки.

### Автоматизированная сварка монтажных стыков вертикальных цилиндрических резервуаров из рулонированных конструкций

*В.М. Илюшенко, В.А. Лысенко, В.Н. Петриченко*

Освещен опыт применения автоматизированной сварки монтажных стыков при изготовлении резервуаров вместимостью 10 тыс.м<sup>3</sup>. Приведена разработанная в ИЭС им. Е.О. Патона технология автоматизированной сварки с принудительным формированием металла шва для выполнения стыковых вертикальных швов.

### Упрочняющая обработка металлообрабатывающего инструмента с использованием импульсно-плазменного устройства

*Ю.Н. Тюрин, О.В. Колисниченко, А.Н. Тищенко*

Рассмотрена импульсно-плазменная технология модифицирования рабочей кромки инструмента концентрированными потоками металлосодержащей плазмы. Описан специализированный плазмотрон. Приведены результаты экспериментов и промышленных испытаний.

### Анализ трибологических характеристик баббитовых покрытий, полученных активированной дуговой металлизацией и альтернативными методами

*Ю.С. Коробов, С.В. Невежин, М.А. Филиппов,*

*Л.В. Гоголев, В.В. Илюшин, Б.А. Потехин*

Проведены сравнительные трибологические испытания по определению коэффициента трения и интенсивности изнашивания баббитовых покрытий, полученных турбулентным литьем, газовой наплавкой, плазменным напылением и активированной дуговой металлизацией. Результаты проанализированы на основе микроструктурного металлографического анализа.

### Оборудование для сварки встык полимерных труб нагретым инструментом

*Н.П. Нестеренко, А.Н. Гальчун, В.Ю. Кондратенко*

Приведена разработанная в ИЭС им. Е.О. Патона механизированная установка для сварки встык нагретым инструментом полиэтиленовых труб диаметром 160–400 мм для работы в полевых условиях. Использован пневмопривод для перемещения труб, зажатых в центраторе, а также для механической обработки торцов свариваемых труб.

### Методы активизации решения творческих инженерных задач

*Г.И. Лащенко*

В продолжение рассмотренных методов активизации решения творческих инженерных задач рассмотрены методы морфологического ящика, метод конструирования Р.Коллера, алгоритм решения инженерных задач АРИЗ. Дан перечень типовых приемов устранения технических противоречий (40 наименований).

### Наплавка деталей строительной и дорожной техники

*Я.П. Черняк*

Изложен опыт разработки технологий и техники восстановительной дуговой наплавки деталей различных машин и механизмов строительной и дорожной техники. Основное внимание уделено восстановлению быстроизнашивающихся деталей — ведущих звездочек гусеничной техники, опорных и натяжных катков, шипов траков, опорно-поворотных устройств кранов и т.п. Предложены материалы и технологии, позволяющие выполнять наплавку деталей из углеродистых сталей.

### Влияние добавок из различных материалов на физико-механические свойства покрытий на основе Ni-Cr при газотермическом напылении

*Е.К. Фень*

Описаны перспективные методы нанесения покрытий на основе Ni-Cr на рабочие поверхности деталей и конструкций, работающих в значительном диапазоне температур. Детонационный и сверхзвуковой плазменный методы позволяют повысить износостойкость и жароизносостойкость покрытия. Рассмотрено влияние добавочных материалов на свойства покрытий.

### Концепция простейших систем роботизированной дуговой сварки

*В.В. Иштуткин*

Предложен простой по технологическому оснащению и доступный по стоимости вариант организации поточных систем роботизированной дуговой сварки, способствующий широкой роботизации сварочного производства, в частности, на предприятиях среднего и малого бизнеса. Рассмотрены возможные конфигурации систем и их технологические компоненты.

### Методы активизации решения творческих инженерных задач

*Г. И. Лащенко*

В продолжение ранее рассмотренных методов активизации решения творческих инженерных задач рассмотрен такой метод, как функционально-стоимостный анализ (ФСА). Даны сравнительные характеристики ТРИЗ и ФСА, этапы выполнения работ при использовании ФСА. Приведены общая схема исследования объекта, его функциональная модель и функционально-стоимостная диаграмма.

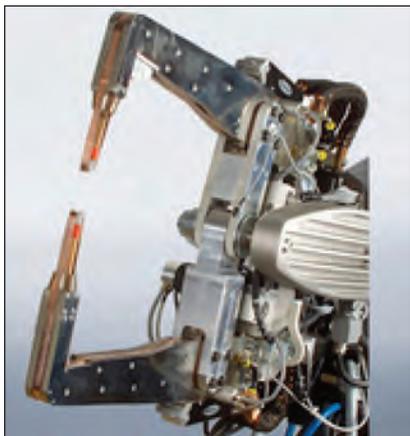
### Оптическое излучение при сварке и родственных процессах. Часть 2

*О.Г. Левченко, А.Т. Малахов*

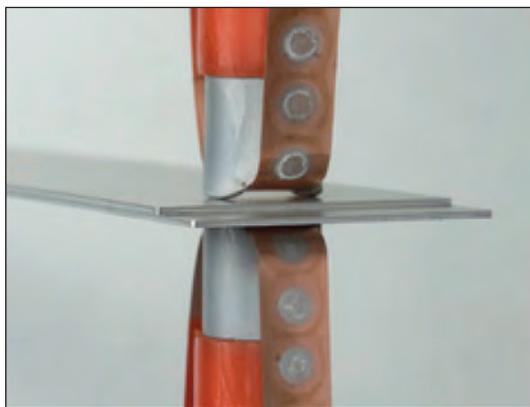
Описано воздействие оптического излучения (ОИ) на организм человека. Рассмотрены вопросы нормирования ОИ и основные действующие стандарты. Приведены методы контроля параметров ОИ и измерительные приборы, методы и средства защиты от вредного воздействия ОИ на организм человека.

... И МНОГОЕ ДРУГОЕ!

## Точечная сварка алюминиевых деталей



Компания Georg Fischer Automotive, поставщик автомобильных комплектующих, успешно использует альтернативную версию точечной сварки сопротивлением. В отличие от традиционной точечной сварки технология DeltaSpot обеспечивает высокопроизводительное соединение алюминия.



Эксперты компании Georg Fischer совместно с партнером по сварочным системам Fronius разработали решение для дверных рам нового автомобиля Porsche Panamera.

Отличительной особенностью оборудования DeltaSpot является перемещающаяся процесс-лента, позволяющая значительно сократить изнашивание электродов и регулировать или оптимизировать тепловое воздействие на место соединения.

В автомобильной промышленности из алюминия изготавливают как рамки тол-

щиной 3 мм, так и прикрепляемые к ним для повышения жесткости дверей детали из листового металла толщиной 2 мм. Специалисты изучили многие способы исходя из технологичности и экономической целесообразности: традиционную точечную сварку сопротивлением, ротационную сварку трением, пуклевку, клепку, а также склеивание. В процессе отбора технология DeltaSpot показала себя как самый подходящий способ сварки. Литые под давлением детали из алюминия с покрытием и алюминиевые листы, сваренные этим способом, прошли проверку качества.

В отличие от традиционной точечной сварки сопротивлением при использовании данного способа сварной шов, состоящий из точек и соединяющий непосредственно дверь с рамками двери автомобиля, образуется почти без брызг. Обусловленные температурными условиями коробление изделия сокращается до минимума и при необходимости может быть исправлено. Технология DeltaSpot также обеспечивает необходимую высокую размерную точность на внешнем фланце. Пуклевка и клепка не выполняли этих требований, а также вызывали повреждения поверхности из-за деформирующего механического воздействия. Клеевые же соединения нельзя нагружать во время затвердевания, а клейкая среда, которая загрязняет поверхность, будет мешать последующим или параллельно проходящим процессам сварки.

С помощью перемещающейся процесс-ленты получают равномерно воспроизводимую точку. Сварка двери в таком режиме занимает около 100 с и не требует последующей обработки поверхности. Для подобных случаев применение технологии DeltaSpot наиболее эффективно.

● #579

Компания Fronius



## Б. Е. Патон награжден орденом Свободы

Президент Украины Виктор Янукович подписал Указ № 28/2012 «О вручении государственных наград Украины по случаю Дня Соборности и Свободы Украины». Текст документа размещен на официальном сайте главы государства.

Этим Указом «за значительный личный вклад в социально-экономическое, научно-техническое, культур-

но-образовательное развитие независимого Украинского государства, весомые трудовые достижения, многолетний добросовестный труд» орденом Свободы награжден президент Национальной академии наук Украины, директор Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, академик НАН Украины Борис Евгеньевич Патон.

● #580

www.unian.net

## Электромагнит У6 для магнитопорошкового контроля

Электромагнит У6 обеспечивает наведение магнитных полей переменного и/или постоянного тока в ферромагнитных материалах для выявления поверхностных и приповерхностных дефектов.

Прибор имеет небольшую массу (3,5 кг), площадь полюсов 25×25 мм и обеспечивает возможность регулирования положения на-

### Техническая характеристика:

Напряжение питания (50 Гц) . . . . .	230/12
Сила тока питания, А . . . . .	2
Подъемная сила при расстоянии между полюсами 140 мм, кг:	
переменный ток . . . . .	10,5
постоянный ток . . . . .	32
Максимальная зона контроля, мм . . . . .	250

конечников. Наконечники можно настроить на расстояние от 25 до 250 мм, что позволяет осматривать детали различной геометрической формы.

Электромагнит У6 используют для проверки сварных швов, для осмотра частей автомобиля, стальных деталей и деталей из серого ферритного чугуна.

На наконечнике магнита закреплен источник света. Лампочка включается автоматически при возбуждении переменного магнитного поля — это удобно при работе в темном помещении.



● #581

МЧТПП «Онико» (Киев)

## Летом 2012 г. НТТЗ установит линию по производству круглых труб диаметром от 15 до 80 мм

Ровно год назад состоялась официальная церемония открытия Нижнетагильского трубного завода компании Металлинвест по производству профильной трубы. За это время завод окреп, были пройдены все этапы пуско-наладочных работ и освоено 100% возможных позиций ассортиментной линейки, труб квадратного сечения (от 80×80 до 200×200 мм) и прямоугольного сечения (120×80 до 200×160 мм) с толщиной стенки от 4 до 8 мм из углеродистых С245(ЗСП) и низколегированных сталей С345(09Г2С).

Благодаря работе завода в круглосуточном режиме объем выпуска продукции за этот период составил более 56 000 т.

Производство оснащено современным высокотехнологичным оборудованием по производству стальных электросварных труб.

На НТТЗМ установлены 2 линии по производству электросварных труб. В состав линий входят: агрегат продольной резки листа, линия по производству электросварных труб, трубогибочная линия, а также обслуживающие системы инженерных коммуникаций и вспомогательные системы. Сварка осуществляется токами высокой частоты. На всю выпускаемую продукцию получены соответствующие сертификаты.

Была проделана работа по выходу на стабильное производство, по подготовке



логистического центра к значительному увеличению грузооборота.

На сегодняшний день завод производит отгрузку потребителям по всей территории РФ и в зарубежные страны. В дальнейших планах предприятия установка линии трубы, позволяющая производить номенклатуру диаметром от 15 до 80 мм (установка планируется в Нижнем Тагиле в июне 2012 г.). Данные линии позволят расширить номенклатуру квадратной и начать производство круглой трубы. Общая суммарная производственная мощность НТТЗМ после установки линий составит более 500 000 т в год.

Директор НТТЗМ М. Петелин выступит на конференции «Рынок стальных труб и региональный сбыт», которая пройдет в Екатеринбурге 31 мая — 1 июня, и расскажет о планах развития компании в ближайшей перспективе.

● #582

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

# Опыт эффективного промышленного применения плазменно-порошковой наплавки

**Е.Ф. Переплетчиков**, канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

*Плазменно-порошковая наплавка (ППН) в целом ряде производств при изготовлении новых деталей превратилась в обязательный технологический процесс. Многие детали современного машиностроения изготавливают с наплавкой их материалами с максимальной стойкостью против изнашивания, коррозии, воздействия высоких температур и других неблагоприятных факторов. Широко используют этот способ и при восстановлении изношенных деталей.*

Накопленный в ИЭС им. Е.О. Патона опыт показал существенную эффективность применения ППН при следующих процессах:

- наплавке никелевых, кобальтовых и других сплавов, в которых допускается незначительная (менее 5–8%) примесь железа;
- нанесении высоколегированных сплавов, для механизированной наплавки которых сложно или невозможно изготовить электродный материал в виде проволоки или ленты. При этом исключаются трудности металлургического характера, связанные с плохой отделимостью шлаковой корки, наличием шлаковых включений;
- наплавке тонких и узких слоев с малым проплавлением основного металла, когда по конструктивным соображениям требуется нанести всего несколько граммов сплава с особыми эксплуатационными свойствами;
- наплавке износостойкими сплавами деталей, требующих последующей механической обработки только одним способом — шлифованием. Благодаря отличному формированию валиков уменьшаются припуски на обработку;
- восстановлении деталей с малым износом.

При анализе возможных областей применения ППН необходимо учитывать, что технико-экономическая эффективность наплавки определяется не столько стоимостью самого технологического процесса и применяемых материалов, сколько достигаемым при этом увеличением срока службы деталей. Практика показала, что рассмат-

ваемый процесс обеспечивает высокую работоспособность деталей за счет отличного качества наплавки, высокой однородности наплавленного металла и благоприятной его структуры, обусловленными специфическими условиями кристаллизации сварочной ванны. ППН экономически успешно конкурирует с ручной наплавкой и во многих случаях с механизированной дуговой наплавкой проволокой или лентой под флюсом. Следует также отметить, что присадочные порошки для плазменной наплавки дешевле соответствующих порошковой проволоки и лент.

Порошки могут быть получены практически из любого пригодного для наплавки сплава независимо от его твердости, пластичности, степени легирования и других свойств, и с этой точки зрения они являются универсальным присадочным материалом. Как показывает опыт, для ППН наиболее эффективно применение порошков с гранулометрическим составом 63–250 мкм. Оптимальный гранулометрический состав порошка зависит, главным образом, от конструкции плазмотрона.

Порошки для ППН должны обладать определенным комплексом свойств, обеспечивающих стабильную работу наплавочного оборудования и высокое качество наплавленного металла. Наряду с заданным химическим составом они должны иметь оптимальный гранулометрический состав, хорошую сыпучесть, плотное строение частиц, минимальное содержание газов и пр. В сущности, качество порошка определяет эффективность применения плазменной наплавки.

В промышленности нашли применение, главным образом, два способа получения металлических наплавочных порошков: распыление жидкого металла водой; распыление инертным или защитным газом с охлаждением в воде или охлаждением в среде того же газа.

Первый вариант самый экономичный, однако не всегда дает требуемое качество

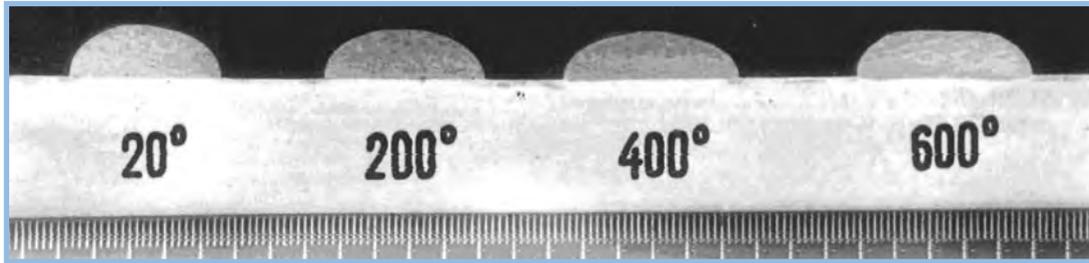


Рис. 1. Макрошлифы валиков, наплавленных порошком кобальтового стеллита (производительность подачи порошка 6 кг/ч) на нержавеющую сталь, при различной температуре подогрева и силе тока наплавки 190 А

порошка. Этот способ обеспечивает получение сферических порошков, пожалуй, лишь при распылении борсодержащих никелевых сплавов и в меньшей мере сплавов на основе кобальта и железа. Распыление инертным или защитным газом дает несравнимо лучшие результаты с точки зрения как выхода порошка с требуемым гранулометрическим составом, так и его качества (формы частиц, содержания газов и пр.).

В Западной Европе наплавочные порошки выпускают фирмы «Кастолин-Эвтектик», «Делоро Стеллит», «Хоганас» и др. В России порошки производит промышленно-металлургический холдинг «Полема», в Украине — ОАО «Торезтвёрдосплав». Для зарубежной практики характерны значительно большие объемы производства и широкая номенклатура порошков, чем в России и Украине. По химическому составу однотипные наплавочные порошки разных производителей, по существу, одинаковы либо очень близки. Большинство порошков хорошо известны специалистам, которые занимаются наплавкой и напылением. Исследования в этой области идут в направлении повышения качества наплавочных порошков и расширения их сортамента.

ППН особенно эффективна в условиях серийного производства арматуры различного назначения с уплотнительными поверхностями, наплавленными сплавами на основе кобальта, никеля, железа и меди. Накоплен большой практический опыт наплавки как мелких деталей — задвижек, вентилях (DN50), так и крупных (DN1000 и выше) для стационарных и транспортных энергетических установок, химических предприятий, нефте- и газопроводов.

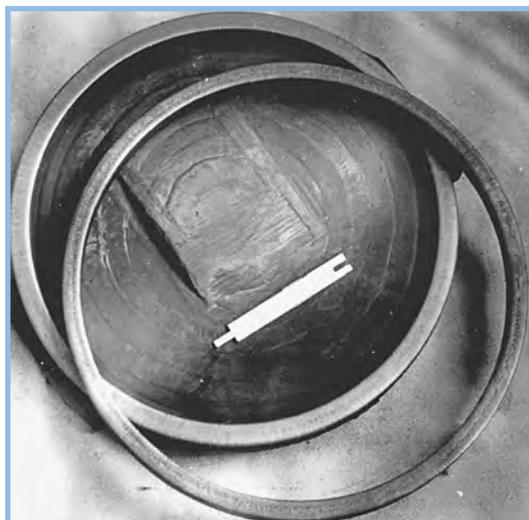
В судостроительной и химической промышленности для наплавки деталей арматуры зачастую используют сплавы на основе кобальта — стеллиты. Как известно, наплавка стеллитами сопряжена со значительными трудностями, обусловленными в основном плохой пластичностью большинства известных сплавов, большой склонностью к образованию трещин, а также низким

допустимым содержанием железа в наплавленном металле. Основным средством борьбы с трещинами является предварительный и сопутствующий подогрев наплаваемых заготовок. Исследования, выполненные в ИЭС им. Е.О. Патона, показали, что эффективным средством борьбы с образованием трещин является дополнительное легирование кобальтовых сплавов 4–8% никеля и 0,6–0,9% бора. Присадка никеля повышает пластичность наплавленного металла, а бор, образуя легкоплавкую боридную эвтектику, способствует залечиванию горячих трещин. При этом сохраняется высокая коррозионная стойкость, характерная для кобальтовых сплавов. Проведенные исследования позволили разработать новый наплавочный порошок ПН-АН34.

Низкое содержание железа в наплавленном слое при ППН обеспечивается за счет малого проплавления основного металла. Наряду с малым угаром легирующих элементов это позволяет получать металл требуемого состава уже в первом слое. Осуществлять наплавку деталей крупных размеров (DN>200) без подогрева не удастся. При предварительном подогреве заготовки проплавление основного металла неизбежно увеличивается. Однако, поскольку борсодержащий сплав ПН-АН34 по сравнению с традиционными стеллитами имеет более низкую температуру плавления, плазменную наплавку выполняют при меньшей эффективной тепловой мощности источника и, следовательно, с меньшим термическим воздействием на основной металл. Благодаря этому даже при предварительном подогреве до 600°C вполне возможно получить малое проплавление (рис. 1).

Плазменно-порошковая наплавка кобальтовым стеллитом с бором очень технологичный и удобный способ ремонта деталей различных форм и размеров, позволяющий повысить их ресурс за счет высокого качества наплавленного металла. Примером может служить восстановление ППН с использованием порошка ПН-АН34 изношенных деталей крупных задвижек DN900

Рис. 2. Седло и плашка задвижки DN 900 мм, наплавленные плазменным способом порошком ПН-АН34



(рис. 2), эксплуатируемых при температуре до  $630^{\circ}\text{C}$  и срабатывающих на открытие-закрытие 24 000 раз в год. Опыт эксплуатации восстановленных задвижек показал, что скорость их изнашивания на 30% ниже, чем у новых деталей, которые изначально наплавляют сплавом стеллит № 6.

Существенную долю арматуры в судовом машиностроении наплавляют сплавами на основе меди. Использование в этом случае ППН на обратной полярности взамен ручной аргонодуговой наплавки позволяет за счет более низкого тепловложения в основной металл получить наплавленный металл с минимальным содержанием железа и биметаллическое соединение с высокими механическими свойствами. Применение ППН с использованием порошка ПР-БраЖНмц 8,5-4-5-1,5 взамен аргонодуговой наплавки бронзы БрАМц 9-2 позволило в 3–8 раз повысить производительность труда и в 2 раза сократить расход присадочного металла.

ППН является основным способом производства энергетической арматуры для пара с температурой до  $570^{\circ}\text{C}$  и давлением до 26 МПа и воды с температурой  $280^{\circ}\text{C}$  и давлением 38 МПа. На уплотнительные поверхности деталей затвора преимущественно наплавляют сплавы на основе никеля с бором и кремнием с твердостью 45–50 HRC<sub>3</sub>. Длительный опыт эксплуатации показал, что уплотнительные поверхности, наплавленные никелевым сплавом, имеют хорошую стойкость против задиранья и образования трещин термической усталости. Однако по стойкости против коррозии в водяном паре с температурой выше  $500^{\circ}\text{C}$  никелевые сплавы уступают кобальтовым стеллитам и сплавам на основе железа типа

X16H7Г4С4М5Б (ЦН-12). Кроме того, при наплавке никелевых сплавов на низкоуглеродистые или низколегированные стали возникали случаи скола наплавленного металла. Исследования, выполненные в ИЭС им. Е.О. Патона, показали, что стойкость NiCrSiB-сплавов в водяном паре сильно зависит от химического состава и определяется типом боридов в структуре сплава. При окислении борида хрома CrB образуется боратное стекло  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--B}_2\text{O}_3$ , тугоплавкое и стойкое к водяному пару. Иначе ведет себя  $\text{Ni}_3\text{B}$ , так как сродство никеля к кислороду существенно меньше, чем хрома. Термодинамические расчеты показали, что наиболее вероятными продуктами окисления  $\text{Ni}_3\text{B}$  являются Ni и  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Борный ангидрид в присутствии водяного пара образует растворимую и летучую кислоту  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . В результате происходит разрыхление оксидной пленки, что приводит к ускорению коррозии. Эти явления устраняются при повышении содержания хрома и снижении содержания бора в сплаве. В связи с этим для наплавки энергетической арматуры разработан новый никелевый порошок ПГ-НХ25С5Р (ТУ 14-22-33-90). Он отличается хорошей стойкостью против задиранья, термической выносливостью и особенно высокой жаростойкостью в водяном паре.

С целью выявления наиболее важных факторов, изменяющих прочность сцепления наплавленного и основного металла, исследовали влияние химического состава NiCrSiB-сплавов и основного металла (стали 20, 35, 12Х1МФ и Армко-железо) на свойства зоны сплавления после различных режимов термической обработки. Установлено, что склонность к разрушению (сколы) по границе сплавления связана с образованием хрупкой диффузионной прослойки при определенных температурах термической обработки наплавленных деталей. При этом ведущая роль в образовании хрупкой диффузионной прослойки принадлежит углероду и бору. Отпуск наплавленных деталей приводит не к снятию собственных напряжений, а лишь к их перераспределению.

Повышение прочности соединения наплавленного никелевого сплава с бором и кремнием со сталью 20 достигается за счет снижения температуры отпуска по сравнению с температурой, рекомендованной для термической обработки стали 20. При этом, как показывает опыт, снижение температуры отпуска не приводит к снижению работоспособности изделия.

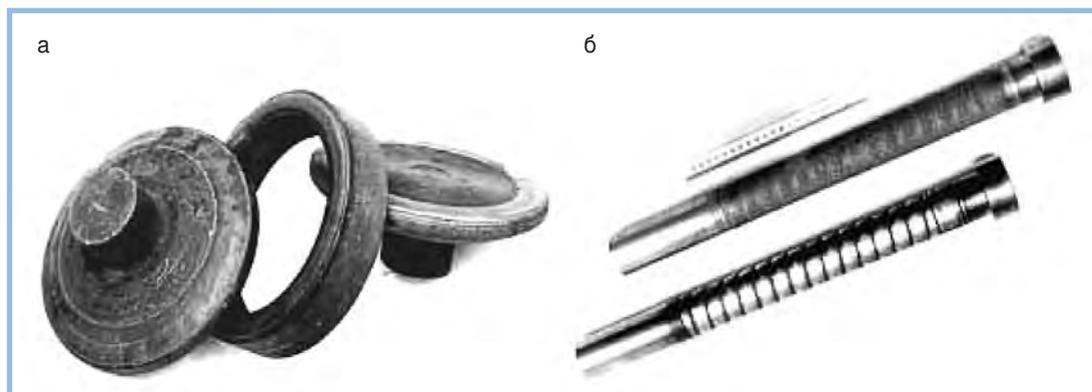


Рис. 3. Внешний вид деталей задвижек для гидротранспортировки угля, наплавленных плазменно-порошковым способом: а — детали затвора; б — штоки

Проведенные исследования позволили разработать промышленную технологию ППН никелевых сплавов на детали арматуры из низкоуглеродистых сталей. Многолетний опыт применения ППН в энергетическом арматуростроении свидетельствует о том, что она обеспечивает высокое качество и надежность работы арматуры. Средняя наработка до отказа (т. е. до появления трещин на уплотнительных поверхностях) максимальная у деталей с плазменной наплавкой (таблица). Ежегодно наплавляются тысячи штук деталей арматуры DN100-400.

Важной составляющей оборудования терминальных систем и линейной части трубопроводов для гидротранспорта на предприятиях горнорудной (добыча и переработка руд черных и цветных металлов), угольной (обогащительные фабрики, гидродобыча), цементной и других отраслей промышленности является арматура. Общепромышленная арматура в условиях гидроабразивного, коррозионного и кавитационного изнашивания, характерных для этого вида трубопроводов, имеет катастрофически низкий ресурс работы. В качестве наплавочного материала для контактных поверхностей запорных элементов арматуры для трубопроводов гидротранспорта был предложен высокохромистый сплав 250X30C2ГР (порошок ПГ-АН1 по ГОСТ 21448-75).

Применение плазменной наплавки (рис. 3) порошком ПГ-АН1 в сочетании с созданием оригинальных конструкций износостойкой арматуры DN100-400 обусловили повышение ее ресурса в 5–10 раз по сравнению с ресурсом арматуры общепромышленного назначения.

Благодаря исследованиям, выполненным в ИЭС им. Е.О. Патона, снят вопрос о создании производства наплавленных деталей арматуры для устьевого оборудования нефтяных и газовых скважин. ППН оказалась эффективной для деталей затвора пря-

Таблица. Характеристика надежности наплавленных деталей задвижек энергоблоков мощностью 300 МВт

Тип наплавленного металла и способ наплавки	Деталь	Средняя наработка до отказа, тыс. ч
190K62X29B5C2 (наплавка электродами ЦН-2)	Седло	10,1
	Тарелка	4,1
13X16H8M5C5Г4Б (наплавка электродами ЦН-12)	Седло	20,4
	Тарелка	10,6
08X17H8C6Г (наплавка электродами ЦН-6)	Седло	—
	Тарелка	7,0
60H73X16C3P3 (плазменно-порошковая наплавка)	Седло	210,0
	Тарелка	46,7



Рис. 4. Седла и шиберы фонтанных задвижек DN 50, наплавленные плазменно-порошковым способом

моточных шиберных задвижек, подвергающихся воздействию коррозионных сред с содержанием сероводорода и углекислого газа до 25% при давлении до 70 МПа и температуре среды от минус 60°С до плюс 43°С. Надежную работу фонтанной арматуры обеспечивает особая конструкция и применение для наплавки седел и шиберов никелевых сплавов с высокой твердостью и коррозионной стойкостью (рис. 4). Безотказная работа наплавленных деталей запорной арматуры составляет не менее 10 лет.

Значительный интерес представляет разработанная в ИЭС им. Е.О. Патона технология ППН червяков экструдеров полимерных машин, работающих в условиях ин-

тенсивного абразивного изнашивания и коррозионного воздействия среды. Незначительный износ червяков обуславливает падение производительности экструдеров, что вызывает частую замену этих дорогих и сложных в изготовлении деталей. Особенностью разработки является решение проблемы прецизионной наплавки на узкую подложку (гребень витка червяка), т. е. на поверхность, ширина которой не превышает ширины сварочной ванны. Одновременно с созданием технологии наплавки проводили разработку нового наплавочного порошка ПР-Х18ФНМ (ПН-АН2) по ТУ 14-1-4156-86. ППН этим порошком отличается высокой стабильностью процесса и отличным формированием наплавленных валиков (рис. 5). Особенно эффективна плазменная наплавка при ремонте червяков, так как позволяет при незначительных затратах не только восстановить дорогостоящую деталь, но при этом повысить ее эксплуатационную стойкость, а кроме того, восстанавливать изношенные детали можно неоднократно. Промышленный опыт показал, что стойкость червяков с плазменной

наплавкой порошком ПН-АН2 увеличилась в 10 раз по сравнению с износостойкостью азотированных червяков из стали 40ХНМА.

Универсальность и гибкость ППН проявились при ее промышленном применении для упрочнения выпускных клапанов ДВС различных типоразмеров, начиная с клапанов легковых автомобилей (диаметр 20–35 мм) и заканчивая клапанами мощных судовых дизелей с диаметром 300–450 мм. Этот процесс позволяет использовать более широкую гамму присадочных материалов, чем при индукционной наплавке литыми кольцами или аргонодуговой прутками. Кроме того, при наплавке клапанов в полной мере проявляется важнейшее преимущество ППН — возможность нанесения тонких слоев с малым термическим воздействием на основной металл. Зона между основным и наплавленным металлом при наплавке никелевых сплавов составляет 50–100 мкм, а кобальтовых — 100–150 мкм. Ширина зоны перегрева с крупным аустенитным зерном при плазменной наплавке составляет 0,2–0,3 мм. Это выгодно отличает ее от индукционной наплавки, при которой основной металл неизбежно подвергается сильному перегреву с образованием обширной зоны крупного зерна (рис. 6), что зачастую является причиной усталостного разрушения клапанов в процессе эксплуатации.

ППН наиболее эффективна при массовом производстве новых выпускных клапанов ДВС. В то же время ее достаточно широко применяют при ремонте изношенных клапанов и седел мощных судовых дизелей. На рис. 7 показаны наплавленные заготовки клапанов бензиновых и дизельных ДВС.

В зависимости от объемов производства наплаваемых деталей, требований к уровню автоматизации технологического процесса и других факторов плазменную наплавку выполняют на универсальных установках, позволяющих наплавать детали разных размеров и формы, или на специализированных установках, предназначенных для наплавки деталей одного типа — дисков, седел и шиберов арматуры, клапанов ДВС и пр.

Для ППН в ИЭС им. Е.О. Патона разработан базовый аппарат А-1756, в состав которого входят унифицированные узлы: плазмодетрон, колебательный механизм, дозатор для подачи порошка, подъемный механизм, пульт и шкаф управления. Аппарат имеет ряд настроечных и корректировочных воз-

Рис. 5. Фрагмент наплавленного червяка экструдера

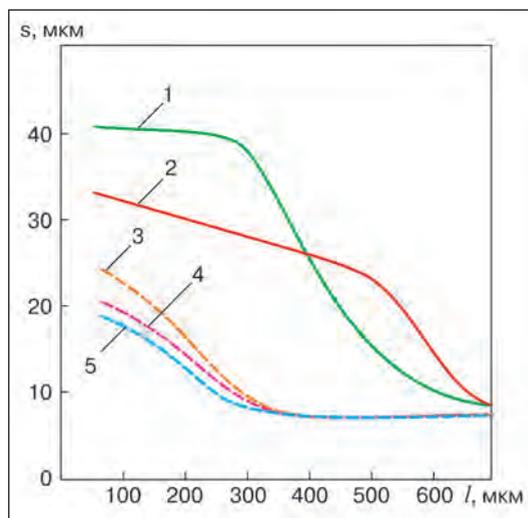


Рис. 6. Изменение размера зерна  $s$  в зависимости от расстояния до границы сплавления  $l$  при индукционной (1–2) и плазменно-порошковой наплавке (3–5) клапанов различными сплавами: 1, 3 — К60Х30ВС; 2, 4 — никелевый сплав ЭП-616А; 5 — К25Х25Н20В12

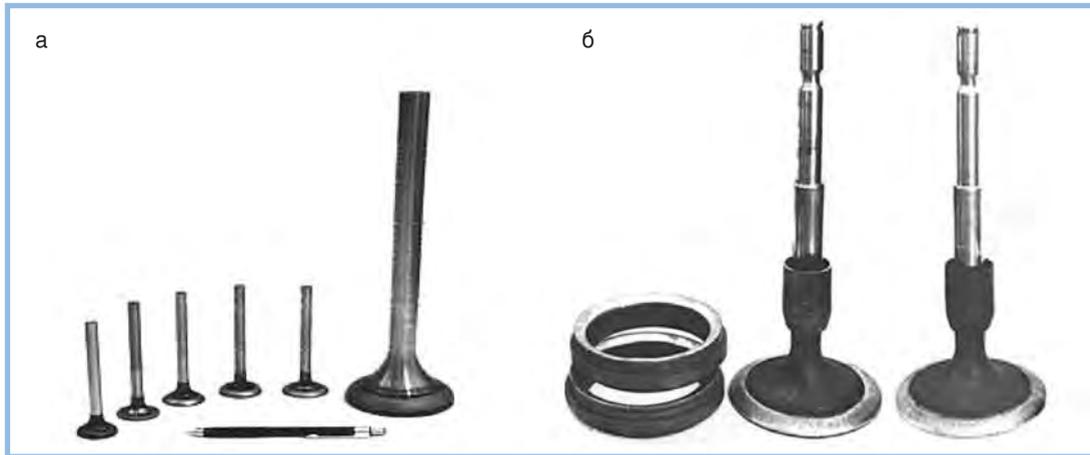


Рис. 7. Наплавленные клапаны автомобильных и локомотивных дизельных (а), а также наплавленные седла и клапаны крупных судовых ДВС (б)

можностей, что позволяет использовать его в составе многих установок. Например, его можно легко установить на суппорте токарного станка, что позволяет создать установку для наплавки шнеков экструдеров и других длинномерных деталей (имеется опыт плазменной наплавки шнеков длиной до 6000 мм). На основе аппарата А-1756 созданы универсальные и специализированные автоматические установки ОБ2184, УП-142, УД562М и др. для плазменной наплавки.

В последние годы в странах СНГ появилось универсальное и специализированное оборудование для ППН, разработанное отечественными и зарубежными предприятиями. Все основные разработчики оборудова-

ния для ППН идут по пути создания автоматического управления процессами наплавки на базе микроконтроллеров либо компьютеров. Хотя это и приводит к некоторому удорожанию оборудования, в итоге все-таки ведет к росту промышленного применения ППН.

Опыт показывает, что плазменно-порошковая наплавка позволяет повысить качество, надежность и долговечность наплаваемых деталей, улучшить условия труда. По сравнению с ручной наплавкой на 30–50% повышается производительность труда, на 50–70% сокращается расход наплавочных материалов и примерно на 50% расход электроэнергии.

● #583

### Конкурс «Сварщик-2012» в Сибири

В марте в рамках Сибирского промышленно-инновационного форума состоялся открытый профессиональный конкурс «Сварщик-2012». За это почетное звание боролись более 30 представителей крупнейших предприятий города Красноярска и Красноярского края: ОАО «Красцветмет», ООО «КрасКом», ЗАО «Ванкорнефть», ООО «Ачинский котельный завод», ОАО «Енисейская ТГК», и др.

От Красноярского машиностроительного завода и его филиала — Химического завода — участие принимали:

- С.С. Маюров — электросварщик ручной сварки 5-го разряда,
- Р.Б. Зайнулин — электросварщик ручной сварки 6-го разряда,
- С.И. Баранов — электросварщик ручной сварки 6-го разряда,
- Н.Н. Соловьев — электрогазосварщик 5-го разряда,

А.В. Коваленко — электрогазосварщик 3-го разряда, Р.А. Шарманкин — электрогазосварщик 5-го разряда.

Свое профессиональное мастерство, знание теории и практики конкурсанты продемонстрировали в номинациях: лучший сварщик ручной электродуговой сварки, лучший сварщик полуавтоматической дуговой сварки, лучший сварщик ручной дуговой неплавящимся электродом.

По итогам двухдневного состязания победителем в номинации «Лучший сварщик ручной дуговой неплавящимся электродом» стал 24-летний работник цеха Красноярского машиностроительного завода — С.И. Баранов. Он награжден Дипломом и памятным призом от организаторов конкурса. Администрация Красноярского машиностроительного завода также поощрила молодого рабочего. За победу в конкурсе «Сварщик-2012» С.И. Баранов был награжден Почетной грамотой генерального директора предприятия и денежной премией.



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

# Эксплуатационные испытания опытных осей колесных пар, восстановленных плазменно-дуговой металллизацией

**В.Д. Лебедь, В.И. Липисий, В.В. Нестыкайло**, ПКТБ ЦВ Укрзалізничці,  
**В.И. Зеленин**, канд. техн. наук, **П.М. Кавуненко, М.А. Полещук**, канд. техн. наук,  
**В.В. Тисенков**, Институт електросварки ім. Е.О. Патона НАН України, **С.В. Бондарев,**  
**С.А. Гаврилов**, Український науково-дослідницький інститут вагонобудування (УкрНІІВ)

*На железнодорожном транспорте десятки тысяч колесных пар отбраковывают из-за дефектов шеек и подступичных частей осей. Возможность их повторного использования после восстановления по новой технологии может принести значительный экономический эффект.*

Согласно планам по внедрению новой техники на Укрзалізничці ПКТБ ЦВ УЗ совместно с ИЭС им. Е.О. Патона была разработана новая технология восстановления осей колесных пар плазменной металллизацией в инертной среде.

Техника напыления таких покрытий отличается тем, что распыление производится плазменной дугой в аргоне с помощью токоведущей проволоки-анода из стали 65Г, служащей исходным материалом для образования слоя покрытия.

Предложенная технология позволяет снизить пористость покрытия до 2–5%, а также исключить оксиды и увеличить сцеп-

ление получаемого покрытия с подложкой до 40–60 МПа. На *рис. 1* показана микроструктура покрытия, полученная плазменно-дуговой металллизацией проволокой из стали 65Г. Пористость, оксиды и другие дефекты не обнаружены. Получаемые покрытия по механическим свойствам и химическому составу приближаются к осевой стали марки ОСВ (ГОСТ 4728-96).

Для восстановления шеек и подступичной части осей колесных пар плазменно-дуговой металллизацией ПКТБ ЦВ УЗ и ИЭС им. Е.О. Патона была разработана и изготовлена установка КТ-088 (*рис. 2*). Установка включает плазматрон с источником питания, защитную камеру, шкаф управления, вращатель с закрепленной на нем осью.

Напыление производится плазматроном с воздушным охлаждением при мощности 14–16 кВт в среде аргона, что значительно увеличивает срок службы сопла плазматрона (более 100 ч). Процесс плазменно-дуговой металллизации шейки оси показан на *рис. 3*.

Перед металллизацией восстанавливаемые поверхности оси протачивают до необходимого размера, упрочняют накатыванием, обезжиривают, обрабатывают металлической дробью ДЧК-1-3 и подогревают до температуры 90–100°С. После нанесения покрытий на шейки оси толщиной до 2 мм ось подвергают механической обработке.

В *таблице* приведены данные замеров твердости шеек осей типа РУ-1, РУ-1Ш после напыления проволокой из стали 65Г и шлифования. Внешний осмотр и металлографические исследования контрольных образцов подтвердили удовлетворительное состояние покрытия на шейках осей.

Запрессовку и распрессовку подступичной части вышеуказанных осей колес производили на Дарницком ВРЗ по стандартной технологии. Усилие запрессовки согласно диаграмме составляло от 630 до 800 кН в за-

Рис. 1. Микроструктура покрытия из стали 65Г, полученного плазменно-дуговым способом

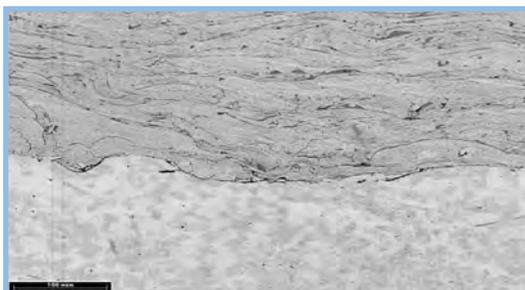


Рис. 2. Общий вид установки КТ-088



висимости от величины натяга. Распрессовку проводили через неделю. Внешний осмотр поверхности подступичной части оси показал ее удовлетворительное состояние: отсутствовали риски, сколы и трещины.

Плазменно-дуговая металлизация имеет следующие преимущества:

- не снижает прочностных свойств восстанавливаемой детали (нагрев изделия не более 200°С) и не влияет на ее механические свойства;
- не вызывает деформации восстановленной детали;
- позволяет наносить покрытие толщиной от 0,1 до 20 мм;
- обеспечивает пористость не более 2–4%;
- обеспечивает высокую стабильность процесса напыления (ресурс формирующей плазменной дуги сопла и катода плазматрона не менее 100 ч машинного времени).

Проведенные предприятием ГП «УкрНИИВ» стендовые испытания осей дали положительные результаты. По результатам испытаний на усталостную прочность осей типа РУ1 и РУ1Ш колесных пар грузовых вагонов с восстановленными плазменно-дуговой металлизацией шейками и подступичными частями на базе  $5 \cdot 10^6$  циклов нагружения установлено, что предел выносливости в зоне галтели шейки составил 149,5 МПа, т. е. 0,76 нормативного значения – 195,0 МПа и соответствует среднему сроку эксплуатации 11,4 года. Учитывая то, что восстанавливать будут оси разных сроков эксплуатации, разных типов и годов изготовления, предприятие ГП «УкрНИИВ» рекомендует установить срок эксплуатации восстановленных осей в пределах 10 лет.

Технология плазменно-дуговой металлизации шеек и подступичных частей осей колесных пар грузовых вагонов позволяет получить большую поверхностную твердость и большую глубину упрочненного слоя после накатки, которые отвечают требованиям нормативной документации.

Эксплуатационные испытания осей с восстановленными шейками проводили согласно утвержденному документу Т05.08 «Программа и методика эксплуатационных испытаний колесных пар с восстановленными шейками оси методом плазменно-дуговой металлизации». Испытания при перевозке грузов в полувагоне № 66229378 в составе опытного маршрута № 1 на участке «Роковатая-Ужгород-Кошице» проходят с октября 2008 г. по настоящее время. Всего пройдено более 260 тыс. км.

Таблица. Твердость поверхности шеек осей после напыления

Тип оси	№ оси	Среднее значение твердости НВ	
		правая	левая
РУ1Ш	42097	343	358
РУ1Ш	52073	319	305
РУ1Ш	42827	312	344
РУ1	49764	387	376

Примечания. 1. Шейки осей после напыления прошлифованы до альбомных размеров. 2. Твердость поверхности каждой шейки измерялась в пяти точках твердомером ТДМ-1.



Рис. 3. Плазменно-дуговая металлизация шейки оси

Техническое состояние обследовали после пройденных 81 тыс. км, 153,9 тыс. км и 260 тыс. км. Для осмотра колесные пары расформировывали, роликовые буксы снимали с осей. Определяли твердость, а также проводили неразрушающий контроль ультразвуковым дефектоскопом УД2-70 и магнитно-порошковым дефектоскопом МД-12. Трещин, отслоений и других дефектов на поверхности обнаружено не было. Восстановленные оси рекомендованы для дальнейшей опытной эксплуатации.

Секция научно-технического совета Укрзалізнични по вагонному хозяйству рекомендовала технологию плазменно-дуговой металлизации для восстановления шеек осей с дефектом «маломерная шейка» в соответствии с комплектом документов КТ088.00.00.000ТП для внедрения на вагоноремонтных предприятиях, которые должны иметь специализированный участок с установкой КТ-088 и быть обеспечены другим необходимым оборудованием.

На 52-м заседании Комиссии Совета по железнодорожному транспорту стран-участниц Содружества 04–09.10.2011 г. в Витбеске было принято решение о продлении эксплуатационных испытаний расширенной партии осей с шейками, восстановленными способом плазменно-дуговой металлизации.

● #584

# Раскрой круглой заготовки

М.М. Лилько, ООО «Завод Темп» (Одесса)

*Раскрой круглой заготовки на мерные длины является одним из самых сложных процессов при газокислородной резке. Проблема состоит в том, что в процессе резки заготовки на мерные длины необходимо все время поддерживать постоянным расстояние от торца мундштука до поверхности разрезаемой заготовки в точке реза. Однако контролировать это расстояние практически нечем, особенно на краю заготовки в начале реза. Известные способы контроля (индукционный, емкостный, пневматический, по сопротивлению пламени, механический) не дают желаемого результата на участках большой переменной кривизны, каким является край круга, особенно с шероховатой поверхностью, где любой механический щуп начинает дрожать. Например, резку трубной заготовки на мерные длины для штамповки колес на Днепровском металлургическом комбинате осуществляют на токарных станках. Известны попытки надрезать на заготовке канавку, а затем ломать ее на прессах.*

Перед предприятием была поставлена задача разрезать на мерные длины (примерно 1600 мм) методом газокислородной резки заготовки диаметром 385, 410, 450, 470 мм из применяемых марок сталей (10; 20; 35; 45; 70; 09Г2С; 10ГФ; 12Г2МБт; 13ХФА; 15Г и им подобных), длина исходной заготовки 6,2–9,8 м, металл холодный.

Ход решения данной задачи следующий. Заготовку кладут под машину для кислородной резки, выводят резак на передний и задний концы верхней образующей заготовки и определяют ее положение в координатах  $x$ – $y$ , при необходимости разворачивают систему координат машины относительно реально лежащей заготовки в новых координатах  $x'$ – $y'$ . С двух концов на верхнюю образующую заготовки подкладывают деревянный квадрат (примерно 100×100 мм), упирают в него мундштук резака и засекают положение верхней образующей заготовки от базовой точки по координате  $z$ . Машина готова к работе. Отслеживая координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  по программе, не касаясь заготовки, ее режут на мерные длины. Однако для этого необходима очень сложная трехкоординатная машина.

При резке трубной заготовки процесс может быть существенно ускорен, если под машину уложить много заготовок разного диаметра. Работу выполняют двумя машинами: одна машина режет, а вторая готовит программу, используя предварительно уложенные для резки на стеллажах (движущихся столах) заготовки разного диаметра.

На второй машине резака нет, но есть те же датчики координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , а также чувствительный элемент вместо резака, который снимает информацию о диаметре и расположении заготовок. Затем подготовленная программа передается на рабочую машину.

Поставленная задача может быть решена и более простым способом, если над разрезаемой круглой заготовкой установить эквидистантно ей копир, по которому будет двигаться полностью разгруженный чувствительный датчик, например ролик, перемещающийся в вертикальной плоскости (по координате  $z$ ) подвижные части, в том числе штангу с резаком, суппортом и контргрузом. Все это устанавливают на секторе, например, на машине «Смена-Эффект», движущейся по координате  $x$ , поперек заготовки.

Для упрощения поставленной задачи была разработана конструкция копира, профиль которого обеспечивает постоянное поддержание расстояния от торца мундштука до поверхности заготовки в точке реза на всех четырех типоразмерах заготовок. Принцип состоит в том, чтобы была совмещена верхняя точка всех четырех заготовок в одной верхней точке копира. Подбором профиля копира удалось обеспечить расстояние от поверхности всех заготовок до поверхности копирования в диапазоне 90–100 мм, этим требованиям отвечают резаки «Эффект-М-Бт», поддерживающие расстояние  $100 \pm 10$  мм. Единственное отклонение — расстояние в начале реза (в точке прогрева металла, на краю заготовки), составляющее около 135 мм, что несущественно.

Резак выставляют на край заготовки примерно на 10 мм. На такую же глубину должна быть сделана зачистка абразивным кругом (рисунки) участка заготовки в месте прогрева. Зачистка кромки заготовки от окалины уменьшит время прогрева металла. Аналогичным образом на Челябинском металлургическом комбинате уменьшали время прогрева кромки блюмов размером 100×100 мм, уложенных рядом с зазорами 10–15 мм. Время прогрева кромки блюма сократилось примерно до 7–10 с, само время работы резаками «Эффект-М» составило около 20 с.

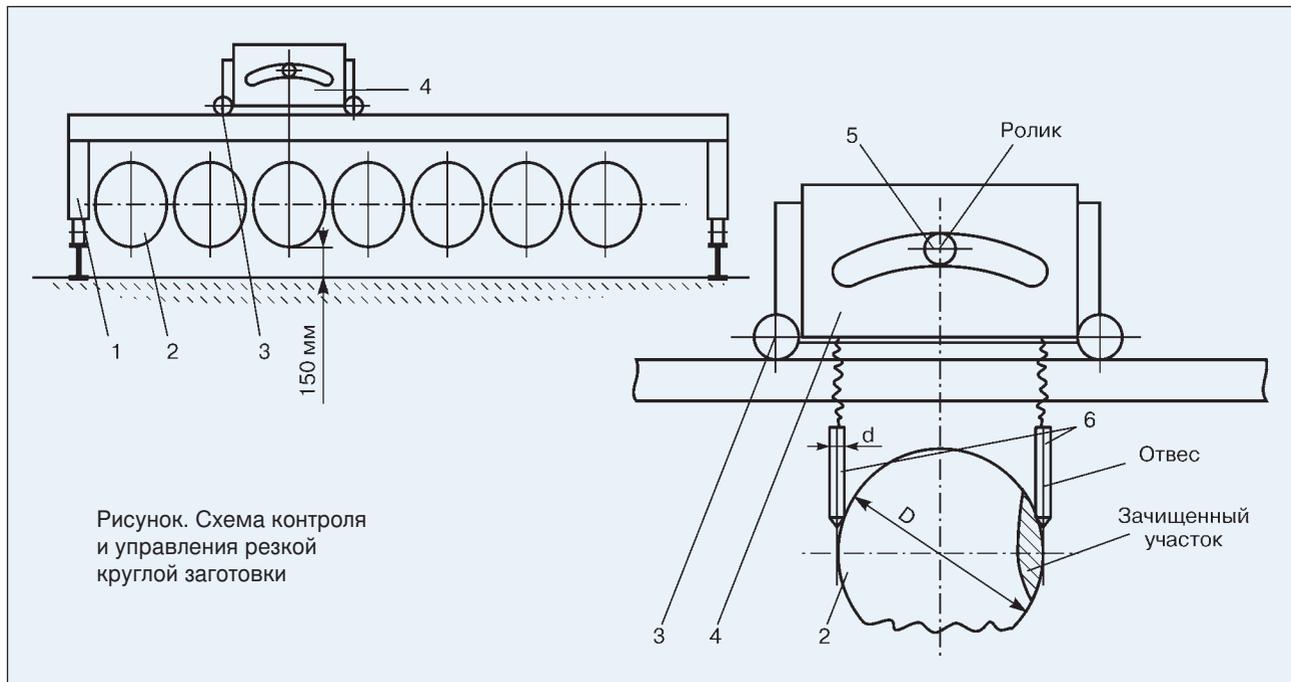


Рисунок. Схема контроля и управления резкой круглой заготовки

Одной из серьезных проблем при резке круглой заготовки является быстрая и точная установка копиров 4 (см. рисунок) над разрезаемой заготовкой 2 и совмещение заготовки с механизмом, несущим резак. Для резки в таких случаях применяют машину «Смена-Эффект-М», ее устанавливают на промежуточную тележку 3, смонтированную в портале 1 и перемещающуюся по последнему для установки резака и копира над разрезаемой заготовкой в начальной точке реза. На промежуточной тележке установлены два копира 4 по разные стороны от машины «Смена-Эффект-М», по которым перемещаются два полностью загруженных ролика 5. Копиры устанавливают над заготовками, подвешивая к ним два строительных отвеса 6 на расстоянии  $L = D + d$ , мм, где  $D$  — диаметр заготовки,  $d$  — диаметр груза отвеса. Положение отвесов является координатой начала и окончания резки заготовки каждого диаметра. Для установки резака над заготовкой, которая может быть расположена на разной высоте от пола цеха, его перемещают в вертикальной плоскости до упора мундштука в деревянный брусок размером 90×90 мм, укладываемый на разрезаемую заготовку. Два копирующих ролика полностью разгружены. Один ролик воспринимает массу резака, суппорта и половины штанги, другой — массу контргруза и второй половины штанги. Разгрузка движущихся по координате  $z$  подвижных частей выполнена известным способом и особых проблем не представляет.

Неожиданная проблема появилась в результате возникновения реактивной силы после пуска режущего кислорода. Она составляет примерно 10 Н на каждую 0,1 МПа давления режущего кислорода, что при резке таких заготовок может достигать 100–120 Н, а это весьма существенно. Полностью разгруженные ролики отрываются от копира. С этим явлением столкнулись при работе ручными резаками, когда после пуска режущего кислорода при резке металла толщиной примерно 400 мм головку ручного резака, особенно при его длине около 1 м, отбрасывает от металла и нужно приложить значительное усилие для удержания резака на опорном элементе (ползьях, роликах).

При обходе контура круглой заготовки (обкатывания роликов по шаблону) имеются три участка с движением:

- по прямой к контуру реза;
- вверх от диаметра до середины заготовки (лучше всего это обеспечивает внутренняя поверхность шаблона, где изломов нет, т. е. вогнутый шаблон);
- от верхней точки к диаметру заготовки в конце реза (лучше всего это обеспечивает выпуклый шаблон).

Каждый режим обкатывания может быть при наличии как силы, направленной вниз от массы подвижных частей, так и дополнительной силы, направленной вверх — реактивной.

Разработана оригинальная конструкция профильного шаблона, удовлетворяющего всем вышеперечисленным требованиям, а

Таблица. Режимы механизированной резки

Толщина заготовки, мм	Скорость резки, мм/мин, при температуре, °С			Максимальный расход кислорода, м³/ч		Давление газов на входе в резак, МПа			
	20	600	800	режущий	подогревающий	горючий газ	кислород	горючий газ	кислород для нагрева
200	200	350	450	48	18	11	0,9	0,12	0,22
250	180	300	400	60	20	12,5	1,15	0,15	0,22
300	170	280	380	65	22	13,75	1,15	0,15	0,25
350	150	250	320	70	25	15,5	1,20	0,15	0,25
450	100	180	280	80	28	17,5	1,20	0,15	0,3

также система разгрузки как от массы подвижных частей, так и от реактивной силы, возникающей при пуске режущего кислорода. В любом варианте работы подвижные по координате  $z$  части механизма слежения полностью разгружены. Это снимает с машины «Смена-Эффект-М» дополнительные нагрузки от перекачивания ролика по шаблону, и она работает в стандартном, оговоренном ТУУ 29.2-19040522-007:2005 режиме работы.

Привод-двигатель СЛ324М, напряжение питания ходовой части машины  $241^{+5\%}_{-10\%}$  В постоянного тока, потребляемая мощность 100 Вт, напряжение, подаваемое к блоку питания,  $220^{+5\%}_{-10\%}$  В, частота питания 50 Гц, степень защиты электрооборудования IP42 по ГОСТ 14254-96. Машина имеет дистанционный пульт управления, позволяющий управлять машиной в процессе резки: «вперед-стоп-назад», «включения-отключения режущего кислорода». Регулирование скорости движения машины — в пределах 50–400 мм/мин на первом диапазоне скоростей и 400–1600 мм/мин — на втором. Переключатель диапазона скоростей находится на блоке питания.

Необходимо обратить внимание на то, что процесс резки круглой заготовки сопряжен с постоянным изменением толщины круга по хорде и соответственно с изменением скорости резки (таблица).

Обеспечить изменение скорости движения машины по координате  $x$  при резке круглой заготовки в зависимости от размера ее хорды практически невозможно, так как нет датчика, фиксирующего постоянно изменяющуюся толщину разрезаемого металла. Это можно было бы возложить на опытного газорезчика; менять скорость движения машины по величине отставания струи режущего кислорода, однако рабочий будет быстро уставать и реального результата это не даст. Необходимо устанавливать скорость резки по максимальному диаметру разрезаемой заготовки. Возможно, в дальнейшем

можно будет несколько раз в процессе резки заготовки корректировать скорость.

Расстояние от низа заготовки до пола должно быть не менее 150 мм. Под порталом можно укладывать заготовки разного диаметра, так как выставить шаблон и резак не составляет труда. По portalу может перемещаться две промежуточные тележки, т.е. можно сразу резать две заготовки. За резом каждой заготовки должен следить свой оператор. Портал с одного рабочего места по длине заготовки на другое можно перемещать при помощи собственного привода, вручную либо лебедкой, установленной вне портала. На портале должен быть ручной тормоз.

Количество промежуточных тележек — одна либо две, в зависимости от количества резаков на портале. Тележка может иметь свой привод, ее можно перемещать вручную либо лебедкой. Ручное перемещение и наличие тормоза обязательно, поскольку необходима точная настройка положения портала (над засечкой) и промежуточной тележки с шаблоном над разрезаемой заготовкой. Схема резки моноблочная. Один резак — один щит газопитания, что необходимо в связи с большой толщиной разрезаемой заготовки и возможным разным диаметром.

Установкой другого шаблона можно обеспечить резку больших размеров уголков, уложенных углом вверх, заготовок типа «собачья кость» и других аналогичных профилей. Система газопитания выполнена на базе щита газорегулирования, применяемого для резки профилей на МНЛЗ. Щит имеет редуктор режущего кислорода, редуктор жесткого и нормального подогревающего пламени, горючего газа, подаваемого на резак и запальник, а также систему очистки газа и электромагнитных клапанов для управления процессом резки. Поджиг резака можно осуществлять от постоянно горящего маломощного газовоздушного запальника, установленного на резаке, либо переносного.

● #585



## **Сварочные электроды и сварочное оборудование.**

**Генеральный дистрибьютер НПП "Сварка Евразии".**

г. Москва  
Перовская ул., 71.  
+7(495)739-50-89  
+7(495)739-50-85  
+7(495)739-50-84  
+7(495)739-50-86

г. Санкт-Петербург  
наб. Обводного канала, 120  
+7(812)324-71-34  
+7(812)324-71-35

г. Екатеринбург  
ул. Черняховского, д. 68  
+7(343)258-2292  
+7(343)263-8633,

URL: [www.spetsselectrode.ru](http://www.spetsselectrode.ru) E-Mail: [postmaster@spetsselectrode.ru](mailto:postmaster@spetsselectrode.ru)



# IX Международный конкурс сварщиков

состоится 13–17 августа 2012 г. в Одессе (Украина)  
на учебно-аттестационной базе ОИАЦ «Прометей»

На конкурс приглашаются сварщики, имеющие опыт работы,  
из Украины и других стран.

Конкурс будет проходить в следующих номинациях:



*ручная дуговая сварка покрытым электродом (111):*

- сварка стыковых соединений пластин  $t = 10$  мм из малоуглеродистой стали в потолочном положении (PE ss nb);
- сварка стыковых соединений неповоротных трубных элементов D76×4 (T/BW) из малоуглеродистой стали (H-L045 ss nb);



*дуговая сварка вольфрамовым электродом в инертных газах (141):*

- сварка стыковых соединений неповоротных трубных элементов D45×4 (T/BW) из высоколегированной стали (PF ss nb);
- сварка стыковых соединений неповоротных трубных элементов D42×3 (T/BW) из малоуглеродистой стали (PF ss nb);



*дуговая сварка металлическим плавящимся электродом в активных газах (135):*

- сварка стыковых соединений пластин  $t = 12$  мм из малоуглеродистой стали в вертикальном (PF ss nb) и горизонтальном (PC ss nb) положениях.

Победители конкурса награждаются:

1. Ценными подарками и денежными премиями.
2. Дипломами Общества сварщиков Украины.
3. Международными сертификатами сварщика «Bureau Veritas».

**Организатор конкурса: Общество сварщиков Украины**

*Информационная поддержка — журнал «Сварщик».*

Фирмы, организации и заинтересованные лица, желающие принять участие в организации и проведении конкурса, спонсорстве и рекламе своей продукции, могут обращаться в Оргкомитет конкурса.

Полная информация о конкурсе представлена на сайте: [www.tzu.od.ua](http://www.tzu.od.ua)

Заявки на участие в конкурсе принимаются **до 8 августа 2012 г.** по адресу:

Украина, 65003 г. Одесса, Газовый переулок, 4,  
Одесское областное ОСУ, Оргкомитет конкурса  
факс: +380-48-758-61-41, тел.: +380-48-758-62-12, 741-14-85, 723-37-40;  
e-mail: [office@tzu.od.ua](mailto:office@tzu.od.ua); [osu-odessa@ukr.net](mailto:osu-odessa@ukr.net)

## УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ:

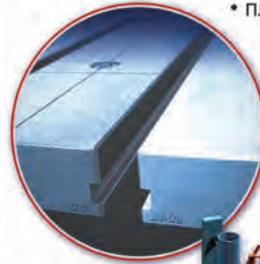
- радиоактивных пылей и аэрозолей;
- газов и аэрозолей, образующихся при сварке, газовой и плазменной резке металла;
- тумана СОЖ;
- масляного тумана и аэрозолей;
- дымов, образующихся при пайке, лужении;
- сажи, копоти и т.д.;
- пыли, образующейся в металлургии, машиностроении, производстве керамики, строительных материалов, стекольной промышленности и т.д.;
- пыли, образующейся при дробеструйной и пескоструйной обработке материалов.



**Наша продукция – чистый воздух!**

Санкт-Петербург, ул. Алтайская, д. 37-А-5Н  
 тел. (812)708-54-62, 708-44-09, (904)634-49-96

## Гибкая 3D система сварочных столов



- плавное перемещение креплений по T-образным пазам
- поверхность столов из серого чугуна устойчива к сварочным брызгам
- поверхность столов из Al/Si сплава для сварки нержавеющей стали
- поверхность столов может комбинироваться с подъемной, поворотной и наклонной функциями
- поверхность столов может видоизменяться



 **FÖRSTER**  
 WELDING SYSTEMS

Устройства для профессионалов  
[www.сварочные-столы.рф](http://www.сварочные-столы.рф)

**НАВКО-  
 TEX**

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

РОБОТТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
 КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА



Украина, Киев  
 Тел.: +38 044 456-40-20  
 Факс: +38 044 456-83-53

<http://www.navko-teh.kiev.ua> E-mail: [info@navko-teh.kiev.ua](mailto:info@navko-teh.kiev.ua)

ООО НПП  
 РМ  
 ПЕММАШ  
 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](mailto:remmash_firm@ukr.net)

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



**РМ  
 УН-5**

Диаметр до 1200 мм  
 Длина до 4000 мм  
 Вес до 5000 кг

**Установки для наплавки деталей  
 с указанными габаритами и весом**

**РМ  
 УН-15**

Диаметр до 2000 мм  
 Длина до 6000 мм  
 Вес до 15000 кг





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.

**Из-за незначительного повреждения возникла необходимость восстановления уникальной детали из стали 30ХГСА. Опыта сварки такой стали у нас нет. Расскажите, пожалуйста, о свариваемости этой стали и технологии сварки.**

*П.А. Ворошик, Луганск*

Сталь 30ХГСА относится к среднелегированным мартенситно-бейнитным сталям. С целью повышения пластичности и вязкости ее выплавляют из чистых шихтовых материалов, а также тщательно очищают в процессе производства от серы и фосфора, газов и неметаллических включений. В ряде случаев сталь подвергают вакуумно-дуговому, электрошлаковому переплавам, рафинированию в ковше жидкими синтетическими шлаками. Термическая обработка среднеуглеродистых сталей позволяет достичь хорошего сочетания прочности, пластичности и вязкости.

В связи с высокой концентрацией углерода (0,28–0,34%) и особенностями фазовых и структурных превращений при сварке сталь склонна к образованию горячих и холодных трещин. Большое внимание следует уделять участку перегрева, а поскольку сталь еще и термически улучшена (закалка+отпуск), то и участку высокого отпуска, поэтому работоспособность сварных соединений определяется свойствами металла на этих участках.

Способы сварки, способствующие уменьшению склонности зоны термического влияния сварных соединений к образованию трещин, целесообразно разделить на две группы в зависимости от их влияния на кинетику процесса формирования трещин. К первой группе следует отнести способы, способствующие уменьшению склонности к зарождению трещин, ко второй — спосо-

бы, способствующие уменьшению склонности к их развитию.

В первую группу входят способы, предусматривающие сварку с применением источников, обеспечивающих концентрированный нагрев с малыми величинами погонной энергии; рафинирование и модифицирование основного металла; применение аустенитной и легированной ферритной электродной проволоки с пониженной температурой плавления; ослабление непосредственного воздействия источника нагрева на свариваемые кромки путем увеличения количества расплавляемого присадочного металла с применением горячей или холодной присадки; крошку и др.; применение наплавки кромок и др.

Во вторую группу входят способы, предусматривающие предварительный или сопутствующий подогрев; термическую обработку сварных соединений после сварки; смещение бейнитно-мартенситных превращений из зоны термического влияния в область повышенных температур и др.

Наш многолетний опыт указывает на большую эффективность первой группы способов, способствующих уменьшению склонности к зарождению трещин. Полагаем, что в вашем случае из-за незначительности повреждения можно использовать ручную дуговую сварку или сварку в защитных газах.

Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами в зависимости от прочности и пластичности свариваемой стали, а также условий эксплуатации сварных конструкций применяют различные электроды (табл. 1).

При толщине стали более 2,0 мм рекомендуют использовать электроды Э100, ВИ10-6 (Св-18ХМА) и Э85, НИАТ-3М (Св-08А), ГОСТ 9467-75. Для получения

соединений с высокой стойкостью к образованию холодных трещин, а также швов с высокими пластическими свойствами и малой чувствительностью к концентраторам напряжений рекомендуют применять электроды со стержнем, обеспечивающим аустенитную структуру шва. При прочности металла шва 600 МПа обеспечивается высокая работоспособность конструкций в условиях динамических и ударных нагрузок. Аустенитные электроды применяют для соединений, не подвергающихся термической обработке после сварки.

При сварке в защитных газах высокое качество сварных соединений толщиной 3–5 мм достигается при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом. Выбирая присадочный материал (электродную проволоку) для дуговой сварки в среде защитных газов, следует руководствоваться данными *табл. 2*. Первый слой выполняют без присадки с полным проваром кромок стыка и обратным формированием, второй – с поперечными низкочастотными колебаниями электрода и механической подачей присадочной проволоки. Возможен и третий слой с поперечными колебаниями электрода без присадочной проволоки со стороны обратного формирования на небольшом режиме для обеспечения плавного перехода от шва к основному металлу.

Для увеличения проплавающей способности дуги при аргонодуговой сварке сталей применяют активизирующие флюсы. Их использование повышает проплавающую способность дуги в 1,5–2 раза, что обеспечивает увеличение производительности процесса, повышение качества, возможность исключения разделки кромок и многопроходной сварки при толщине 8–10 мм. Для сварки сталей рекомендуют применять флюс, представляющий собой смесь компонентов (SiO<sub>2</sub>, NaF, TiO<sub>2</sub>, Ti, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Эффективно применять флюс при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом среднеуглеродистых мартенситно-бейнитных сталей, подвергнутых электрошлаковому и электронно-лучевому переплавам и требующих для обеспечения заданного проплавления увеличения силы сварочного тока по сравнению с металлом открытой выплавки. Сварку с активизирующим флюсом рекомендуют применять преимущественно механизированным способом для получения равномерной глубины проплавления. Рекомендуют использовать неплавящийся электрод из наиболее стойких марок активированно-

**Таблица 1. Электроды для дуговой сварки конструкционных сталей и механические свойства металла шва**

Марка стали	Термическая обработка	Тип электрода	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа
30ХГСА	Закалка и отпуск после сварки на $\sigma_B \leq 900$ МПа	Э70 (ГОСТ 9467-75)	700
		Э85 (ГОСТ 9467-75)	800
	Закалка и отпуск после сварки на $\sigma_B \geq 900$ МПа	Э85 (ГОСТ 9467-75)	800
		Сварка в упрочненном состоянии без последующей термической обработки	Э-10Х20Н9Г6С (ГОСТ 10052-75)
Э-11Х15Н25М6АГ2 (ГОСТ 10052-75)	600		

**Таблица 2. Присадочные материалы и механические свойства сварных соединений при дуговой сварке неплавящимся электродом в защитных газах**

Марка стали	Термическая обработка	Сварка в среде защитных газов	Сварка в углекислом газе	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа
30ХГСА	Закалка и отпуск после сварки	Св-18ХГС	Св-08ГСМТ	0,9 $\sigma_B$ основного металла
		Св-18ХМА (ГОСТ 2246-70)		
	Сварка в термически обработанном состоянии без последующей термической обработки	Св-08Х21Н10Г6	Св-08Х20Н9Г7Т	600
		Св-10Х16Н25АМ6 (ГОСТ 2246-70)		

го вольфрама ВТ15 или СВИ-1. Весьма эффективно сочетать применение флюса с поперечными низкочастотными колебаниями электрода при выполнении поверхностных слоев шва для обеспечения плавного перехода от шва к основному металлу.

После сварки, не позднее чем через 30 мин, сварные соединения с ферритными швами подвергают высокому отпуску при температуре 600–650°С в течение 2 ч. Затем производят окончательную термическую обработку по режиму основного металла.

Ряд ответственных конструкций из термически упрочненных среднеуглеродистых мартенситно-бейнитных сталей сваривают проволокой Св-08Х20Н9Г7Т в углекислом газе как в автоматическом, так и механизированном режиме. При прочности металла шва 600 МПа достигают конструктивной равноценности сварных соединений основному металлу при высокой их надежности.

● #586

# Автоматизированная сварка монтажных стыков вертикальных цилиндрических резервуаров из рулонированных конструкций

**В.М. Илюшенко**, канд. техн. наук, **В.А. Лысенко**, **В.Н. Петриченко**,  
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

В настоящее время вертикальные цилиндрические резервуары вместимостью до 5–10 тыс. м<sup>3</sup> изготавливают из рулонированных полотнищ, сварку которых выполняют в заводских условиях на специальных станах. На стане все процессы изготовления сварных полотнищ полностью механизированы, саму сварку проводят под слоем флюса двухсторонними швами, гарантирующими достаточно высокое качество и прочность соединений. Готовые полотнища на специальном стенде сворачивают в рулоны, удобные для транспортировки на строительную площадку.

При монтаже таких резервуаров большой объем сварочных работ приходится на выполнение стыковых вертикальных швов. В зависимости от вместимости резервуар может иметь два, три или четыре монтажных стыка, которые обычно сваривают вручную покрытыми электродами или механизированным способом полуавтоматами.

Для повышения уровня механизации сварочных работ при монтаже для выполнения стыковых вертикальных швов целесообразно использовать разработанную в ИЭС им. Е.О. Патона технологию автоматизированной сварки с принудительным формированием металла шва. В данной работе освещен опыт применения технологии автоматизированной сварки монтажных стыков при изготовлении резервуаров вместимостью 10 тыс. м<sup>3</sup>.

Для резервуара диаметром 28,5 м и высотой 18 м стенку изготавливали из четырех рулонированных полотнищ, состоящих из 12 поясов переменной толщины. С целью экономии металла для пяти нижних поясов стенки применяли более прочную низколегированную сталь 09Г2С-12, для остальных поясов — сталь СтЗсп5. Высота каждого пояса 1500 мм; толщина металла нижнего пояса 18 мм, верхних поясов — 8 мм (рис. 1). Таким образом, необходимо было сварить четыре вертикальных стыковых шва общей протяженностью 72 м.

Сборку стыков под сварку выполняли в соответствии с проектом производства работ (ППР). Стыки собирали с зазором 3–5 мм, форма разделки кромок V-образная с углом раскрытия 50° (рис. 2).

Лицевую сторону шва формировали медным водоохлаждаемым ползуном, закрепленным на подвеске аппарата, а обратную — водоохлаждаемой медной подкладкой. Сварку выполняли порошковой прово-

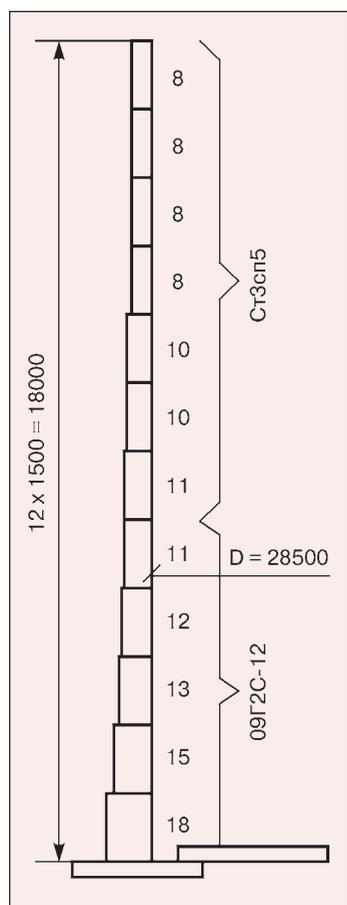
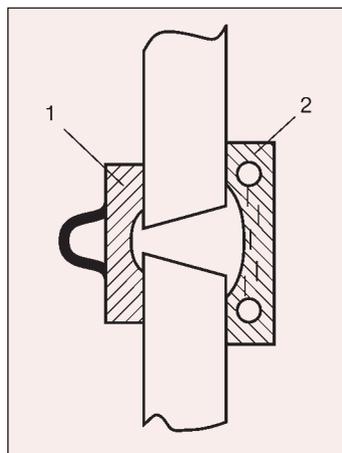


Рис. 1. Конструкция стенки резервуара вместимостью 10 000 м<sup>3</sup>

Рис. 2. Схема размещения формирующих устройств:  
1 — медная водоохлаждаемая подкладка; 2 — медный водоохлаждаемый ползун



локой ПП-АН39 (ТУУ 19369185.012-96) диаметром 2,8 мм с дополнительной защитой ванны углекислым газом. Защитный газ подавали в зону сварки через сопло, закрепленное на подвеске ползуна и перемещающееся вместе с аппаратом.

Применяемый для сварки легкий монтажный аппарат АД-333М конструктивно состоит из пяти модульных узлов: ходовой тележки; сварочной головки с подающим механизмом и системой корректоров и колебателем; узла крепления и поджатия формирующего ползуна; пульта управления с пультовой ручкой и катушки для сварочной проволоки, что позволяет легко и быстро (в течение 8–10 мин) монтировать его по месту сварки.

Монтаж аппарата начинают с установки ходовой тележки на предварительно закрепленный на изделии рельсовый путь (обычный стальной уголок размером 50×50×5 мм). Затем собирают отдельные узлы аппарата, подключают его к источнику сварочного тока и баллону с углекислым газом. В качестве источника сварочного тока применяют тиристорный выпрямитель ВДУ-506, обеспечивающий дистанционное управление сваркой. Учитывая, что при сварке с принудительным формированием необходимо иметь надежный способ контроля уровня сварочной ванны, в схеме управления аппарата имеется система автоматического регулирования уровня ванны относительно верхней кромки ползуна. Такая система существенно упрощает работу сварщика-оператора при выполнении длинномерных швов.

Используемая для сварки порошковая проволока ПП-АН39 обеспечивает требуемый уровень механических свойств металла шва и сварных соединений при сварке как малоуглеродистых, так и низколегированных сталей.

На *рис. 3* показаны макрошлифы поперечного сечения швов из контрольных образцов на металле толщиной 18 и 8 мм, выполненных по разработанной технологии.

Сварку двух нижних поясов, где толщина металла составляет 18 и 15 мм, выполняют с применением продольных колебаний электрода, благодаря чему обеспечивается надежный провар кромок по сечению шва. Колебатель позволяет в процессе сварки изменять амплитуду и частоту колебаний электрода. При сварке на оптимальных режимах монтажный стыковой шов первого пояса выполняют за 35–40 мин. С уменьшением толщины металла скорость сварки возрастает, и верхние пояса сваривают уже со

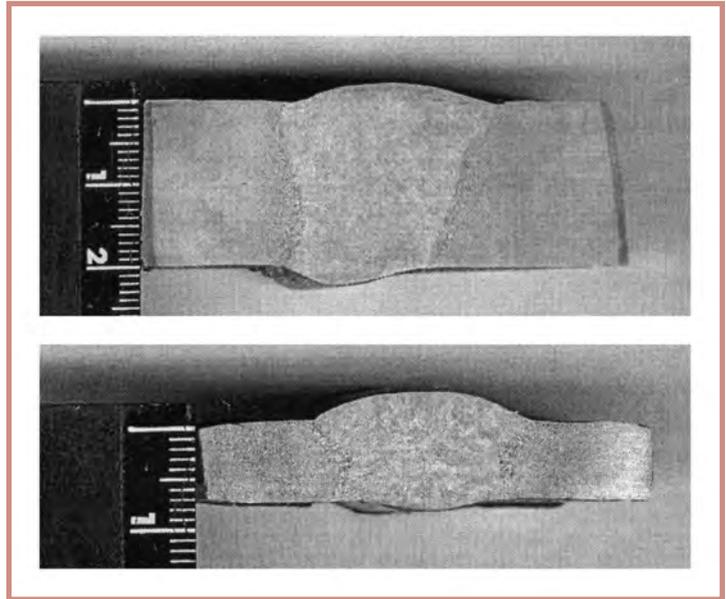


Рис. 3. Макрошлифы стыковых швов, выполненных на металле толщиной 18 и 8 мм



Рис. 4. Монтаж резервуара вместимостью 10 000 м<sup>3</sup> из рулонированных конструкций

скоростью 5,5–6 м/ч. С учетом возможных остановок и перерывов сварку стыка длиной 18 м выполняют за одну рабочую смену.

На *рис. 4* показан монтаж первого рулона стенки и начального щита покрытия кровли резервуара вместимостью 10 000 м<sup>3</sup> на одном из действующих нефтетерминалов. С применением автоматизированной сварки монтажных стыков было изготовлено четыре таких вертикальных цилиндрических резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов.

Как показал опыт, изготовление резервуаров из рулонированных конструкций с выполнением монтажных стыков автоматизированной сваркой обеспечивает высокое качество сварных соединений, снижает трудозатраты и сокращает сроки сооружения резервуаров.

● #587

# Упрочняющая обработка металлообрабатывающего инструмента с использованием импульсно-плазменного устройства

Ю.Н. Тюрин, д-р техн. наук, О.В. Колисниченко, канд. техн. наук, А.Н. Тищенко,  
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

*Для упрочнения инструмента в машиностроении широко применяют ионно-плазменное азотирование и обработку поверхности концентрированными источниками энергии (лазерная, электронно-лучевая, плазменная и др.). Эти способы обработки позволяют получать уникальные механические и физические свойства поверхности изделий (высокую твердость, сопротивляемость изнашиванию, усталостную прочность, сопротивление коррозии и т. п.).*

Предлагается импульсно-плазменная технология модифицирования рабочей кромки инструмента концентрированными потоками металлосодержащей плазмы, которая обеспечивает быстрый нагрев (время нагрева  $10^{-3}$ – $10^{-6}$  с) поверхностного слоя металла с последующим интенсивным охлаждением его путем отвода теплоты как в объем металла, так и в окружающую среду. Высокая скорость нагрева и охлаждения поверхностного слоя металла ( $10^4$ – $10^8$  К/с) способствуют формированию дисперсной кристаллической структуры, созданию высокой плотности дислокаций, а также изменению концентрации углерода и азота.

Разработан специализированный плазмотрон (рис. 1), который состоит из малогабаритного детонационного устройства 1 для инициирования детонационного режима сгорания в междуэлектродном зазоре — анод 2 и катод 3. В коноидном зазоре 4 реализуется детонационный режим сгорания горючей газовой смеси. По оси плазмотрона вводится стержень 5 из эродируемого металла, например, молибдена. Плазмотрон подключен к импульсному источнику электрического тока 9. В результате сгорания между электродами образуется электропроводный слой 8, который ускоряется и нагревается электрическим током. На выходе импульсная струя плазмы 7 коммутирует ток между электродом плазмотрона и поверхностью изделия 6.

Установку для импульсно-плазменной упрочнения можно изготовить на базе фрезерного станка (рис. 2). Вместо вертикального шпинделя станка закрепляют траверсу с импульсным плазмотроном 12. Импульсный плазменный поток формируется между выходным соплом плазмотрона 13 и упрочняемой поверхностью изделия 14. По оси плазмотрона, на изоляторах закреплен электрод-анод, который имеет сквозное осевое отверстие. В это отверстие подается расходуемый электрод 4 в виде стержня или проволоки. Электрический ток от блока питания поступает к электродам 4 и 11 по шинам 2 и 15. Охлаждение плазмотрона осуществляется водой. Детонационный режим сгорания горючей газовой смеси инициируют в детонационной камере 10, которая содержит жиклеры 5, 6 и 7, форкамеру 3, свечу зажигания 8 и трубопроводы для подачи компонентов горючей смеси. Плазмотрон продувается воздухом через жиклеры 9. Электрический ток от высоковольтного блока к аноду плазмотрона подключен через катушку индуктивности 1.

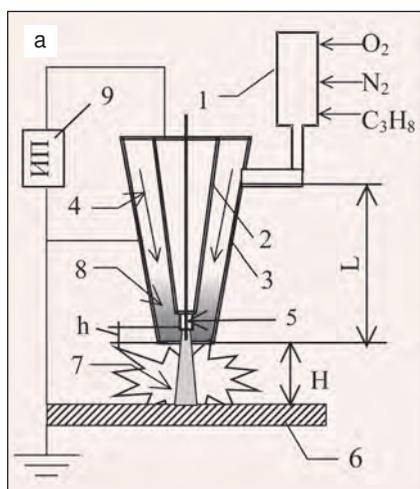


Рис. 1. Импульсный плазмотрон: а — схема; б — внешний вид

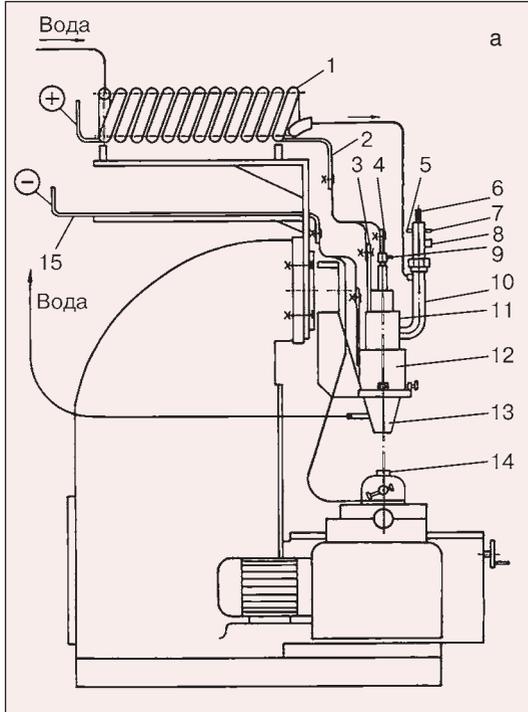


Рис. 2. Модернизация фрезерного станка для импульсно-плазменного упрочнения инструмента: а — схема фрезерного станка; б — внешний вид модернизированного станка

Оборудование для импульсно-плазменного упрочнения (рис. 3) установлено в специализированном помещении с двойными звукоизолирующими дверями и смотровым окном. В этом помещении установлен модернизированный станок (см. рис. 2), в помещении для оператора размещены источник электрического питания 1, пульт управления газами 2, пульт управления процессом 3. Для контроля за технологическим процессом служит смотровое окно 4 и (или) средства телекоммуникационного наблюдения 5. Помещение оснащено приточно-вытяжной вентиляцией и системами защиты от электромагнитного излучения и звука. На трубопроводах с газами установлены электромагнитные запорные клапаны, а на трубопроводе с водой — реле протока. Управление установкой осуществляется дистанционно с пультов 2 и 3, размещенных за пределами звукоизолированного помещения.



Рис. 3. Оборудование для импульсно-плазменного упрочнения инструмента

Технологию термического воздействия концентрированными источниками энергии совмещают с процессами легирования. Поверхности изделий легируют оплавлением предварительно нанесенных покрытий или путем ввода в рабочую среду (плазму) газообразных легирующих добавок: азота, углеводородных газов и металлов. Легирующие элементы в плазму вводят в виде продуктов эрозии металлического электрода (стержня) и в виде газа (пропан, азот).

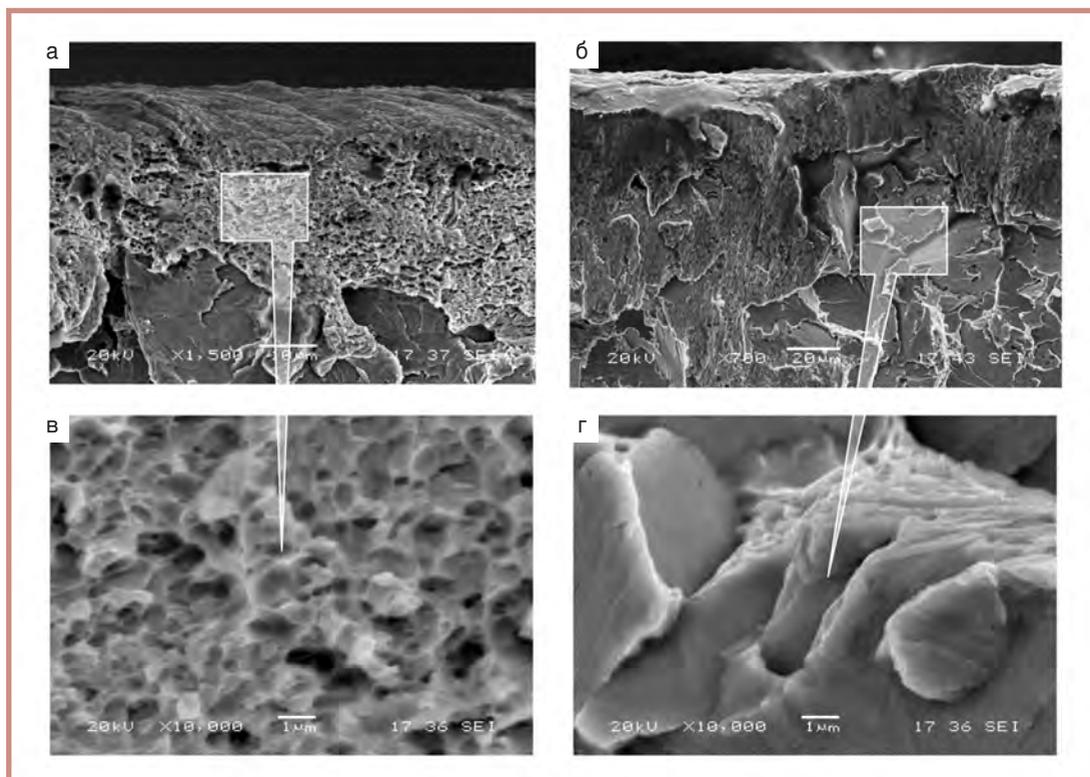
Импульсно-плазменная технология позволяет одновременно в одном импульсе об-

работки реализовать различные методы воздействия на поверхность: легирование, упруго-пластическое деформирование, воздействие звуком и импульсным магнитным полем, тепловую и электроимпульсную обработку, а также деформирование металлов и сплавов в процессе обратимых ( $\alpha \leftrightarrow \gamma$ ) превращений.

В результате импульсно-плазменной обработки изделий из сплава на основе железа формируется нанокристаллический легируемый слой (рис. 4). Этот слой имеет повышенные эксплуатационные характеристики. При изломе, несмотря на высокую твердость, наблюдается вязкое разрушение материала слоя, без трещин и отслоений.

Наибольшая твердость этого слоя на образцах из стали с содержанием углерода до 0,8%, предварительно прошедших закалку и высокий отпуск, была достигнута при ис-

Рис. 4. Результаты разрушения стальных образцов, предварительно обработанных импульсной плазмой: а и в — нанокристаллический слой; б и г — основной металл



пользовании электродов из вольфрама и молибдена 16–19 ГПА. Микротвердость измеряли на поперечных шлифах при помощи твердомера ПМТ-3. Для измерений использовали алмазную пирамидку Кнупа. Нагрузка на пирамидку составляла  $P = 1$  Н.

Рентгенофазовый анализ упрочненных импульсной плазмой поверхностных слоев образцов из углеродистых сталей фиксирует уширение линий  $\alpha$ -Fe и появление линий остаточного аустенита Fe. Увеличение числа импульсов влечет за собой дальнейшее уширение линий  $\alpha$ -Fe при уменьшении их интенсивности, а также увеличение относи-

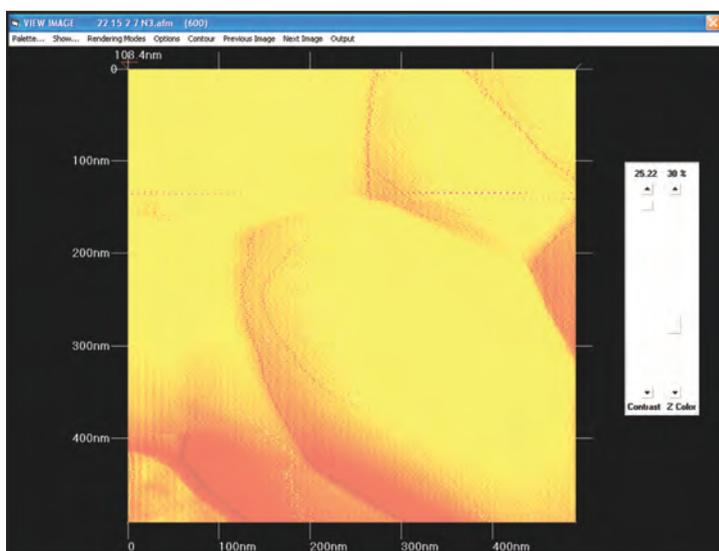
тельной интенсивности линий  $\gamma$ -Fe. Судя по отношению интенсивностей линий остаточного аустенита и феррита, количество аустенита при одном и том же режиме обработки наибольшее в случае использования электрода из вольфрама. Рентгеноспектральные исследования показали, что материал расходимого электрода проникает в упрочненный слой изделия на глубину до 5 мкм.

Эксперименты показали, что при воздействии на поверхность изделия 30 плазменными импульсами ( $\tau_{им} = 0,6$  мс) концентрация азота на глубине 20 мкм составляет до 3,2 атом. %, а максимальная микротвердость поверхностного слоя образуется при обработке плазмой, содержащей пары вольфрама, а также при избытке в плазме азота и углерода. Помимо вышеперечисленных технологических параметров, на значение микротвердости влияет также количество плазменных импульсов. Увеличение числа импульсов приводит к увеличению толщины упрочненного слоя и его равномерности.

Исследования показали (рис. 5), что модифицированный слой состоит из субзерен с характерным размером 300–400 нм, которые формируются из более мелких кристаллов.

Известно, что физико-механические свойства металлических сплавов улучшаются с уменьшением размера кристаллов. Принято считать нанокристаллическим сплав, состоящий из кристаллов с характерным раз-

Рис. 5. Типичная реплика и размер субзерен в модифицированном импульсной плазмой слое





мером ниже 100 нм. Создать материал в объеме с такими параметрами в настоящее время проблематично. Импульсная плазма обеспечивает формирование нанокристаллического материала в тонком слое на поверхности уже готового к эксплуатации изделия. Это актуально для инструмента, работоспособность которого определяется свойствами тонкого слоя на рабочей поверхности.

Упрочнению подвергали металлообрабатывающий инструмент, стальные матрицы и пуансоны штампов холодного и горячего деформирования металла, а также прокатные ролики, изготовленные из твердого сплава (WC+20Co) и высокопрочного чугуна (валкового). Перед упрочнением изделия проходили стандартную термическую и механическую обработку. Импульсную плазменную обработку применяли в качестве конечной операции. Упрочнению подвергали только рабочие поверхности инструмента. Производительность упрочнения составляла до 0,5 м<sup>2</sup> поверхности в час, что при пересчете на реальный инструмент составляет до 100 пуансонов в час. Перед упрочнением поверхность инструмента не требует очистки или какой-либо другой подготовительной операции. На *рис. 6* показаны различные упрочненные инструменты.

При упрочнении использовали расходный электрод из вольфрама, плазмообразующий газ содержал избыток пропана ( $\alpha = 0,7$ ). Обработку выполняли с трехкратным воздействием импульсной плазмы на упрочняемую поверхность. Для упрочне-

ния металлорежущего инструмента: метчиков, плашек, протяжек — подбирали плотность мощности, недостаточную для оплавления и затупления режущих кромок. Использовали расходный электрод из молибдена, плазмообразующий газ с избытком пропана и азота ( $\alpha = 0,6$ ). Обработку фрез, сверл, резцов и др. проводили с использованием электрода из титана и 5–10-кратным воздействием импульсов плазмы на упрочняемую поверхность.

Предлагаемая импульсно-плазменная технология относится к ресурсосберегающим, что обусловлено низким расходом легирующих элементов и электроэнергии в сочетании с высокой производительностью (до 0,5 м<sup>2</sup>/ч). Технология позволяет создать нанокристаллический слой только на рабочей поверхности инструмента без его нагрева, что решает проблемы повышения износостойкости поверхности без изменения структурного состояния материала всего изделия.

Обработка сопровождается воздействием: деформационным до  $P = 15$  МПа, электромагнитным до  $H = 2000$  Э, термическим до  $Q = 5 \cdot 10^6$  Вт/см<sup>2</sup>. Это ускоряет массоперенос легирующих элементов и обеспечивает создание слоя из нового нанокристаллического материала с высокими эксплуатационными свойствами. Промышленные испытания и внедрение импульсно-плазменной технологии подтверждают ее эффективность. Работоспособность инструмента после импульсно-плазменной обработки, как правило, повышается в 3–6 раз. ● #588

Рис. 6. Вид упрочненного инструмента: а — металлорежущий нож; б — шлицевая протяжка; в — деформирующий пуансон; г — твердосплавный прокатный ролик; д — чугунный прокатный ролик; е — деформирующие матрицы

# Анализ трибологических характеристик баббитовых покрытий, полученных активированной дуговой металлизацией и альтернативными методами

Ю.С. Коробов, С.В. Небезин, М.А. Филиппов, Л.В. Гоголев, Уральский Федеральный Университет, В.В. Илюшин, Б.А. Потехин, УГЛТУ (Екатеринбург)

*В качестве антифрикционного покрытия вкладышей высокоскоростных, тяжелонагруженных подшипников скольжения широко используют баббит, который отличается низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью. Традиционно баббитовые покрытия, получаемые методами литья и наплавки, отличаются нестабильностью химического состава, расслоением сплава в процессе кристаллизации, образованием включений, зон скопления оксидов, пор, легкоплавких эвтектик. Это приводит к охрупчиванию, подплавлению баббита в процессе работы, отслоению от основы. Искажение формы вкладыша вследствие температурных деформаций приводит к возникновению внутренних напряжений в слое баббита, образованию трещин и выкрашиванию отдельных зерен. Высокий припуск на механическую обработку покрытия, необходимость проточки канавок типа «ласточкин хвост» либо лужения поверхности вкладыша увеличивает стоимость подшипников, изготавливаемых данными способами.*

Для устранения приведенных недостатков эффективно наносить баббитовые покрытия напылением, в частности, способом активированной дуговой металлизации (АДМ). В отличие от типовой дуговой металлизации (ДМ) распыление металла производится продуктами сгорания пропановоздушной смеси. АДМ отличается высокой производительностью, а характеристики получаемого качества покрытий в сред-

нем на 40% выше по сравнению с качеством покрытий, полученных при ДМ.

Выбор конкретной марки баббита, Б83, обусловлен его широким применением для подшипников скольжения. Например, он одобрен для использования на тепловых станциях в опорах паровых турбин. Для напыления его сложно изготовить в виде проволоки типового диаметра 1,6 мм из-за высокой хрупкости, поэтому в качестве замены используют более пластичный баббит Б88 (импортные аналоги W-970 (FST), 04T (TAFA-Praxair), SpraBabbit (Metco)).

Целью работы было сравнение трибологических и структурных характеристик баббитовых АДМ-покрытий с альтернативами: турбулентным литьем (ТЛ), пропан-кислородной газовой наплавкой (ГН), плазменным напылением (ПН). Выбор данных способов обусловлен высокими характеристиками получаемых баббитовых покрытий. Коэффициент трения ТЛ-баббита в 1,5 раза ниже коэффициента трения баббита, получаемого центробежным литьем и одинаков с коэффициентом трения баббита, полученного сифонным литьем. Коэффициент трения у баббита Б83, наплавленного в пламени пропан-бутана и кислорода, ниже на 5–20%, чем у баббита Б83, наплавленного в пламени ацетилен-кислородной смеси и на 5–35%, чем у баббита Б88, наплавленного в пламени ацетилен-кислородной и водородно-кислородной смесей.

**Материалы и методы их исследования.** Для исследования были изготовлены образцы в виде стальных призм 6×6×12 мм с покрытием толщиной 1,5 мм на торце 6×6 мм. Химический состав покрытий приведен в таблице.

Образцы 1 и 5 были изготовлены в ЗАО НПП «Машпром», образцы 2, 3, 4 — в ООО «НПП ТСП» (Екатеринбург).

Таблица. Химический состав и вид баббита

№ образца	Тип баббита	Метод получения покрытия	Химический состав, мас. %			Вид баббита
			Sn	Sb	Cu	
1	Б83	АДМ	Ост.	10,8	6,0	Проволока диаметром 3,0 мм
2	Б83	ТЛ	Ост.	11,0	5,8	Чушка ГОСТ 1320
3	Б83	ГН	Ост.	11,0	5,8	Пруток диаметром 8,0 мм
4	Б83	ПН	Ост.	11,0	5,8	Порошок (40–100 мкм)
5	Б88	АДМ	Ост.	7,40	3,00	Проволока диаметром 1,6 мм

Образцы 1, 5 напылены на установке АДМ-10 при максимальной силе тока и напряжении для стабильного процесса: 1 – 26 В, 100 А, 5 – 26 В, 75 А. Производительность составила: 1 – 23,2 кг/ч, 5 – 13,8 кг/ч, коэффициент использования металла 0,7 в обоих случаях. Для нанесения покрытия на образец 4 использовали плазменную установку «Castolin Eutectic», порошок ПР-Б83 (ТУ 1990-122-00194429), сила тока 170 А, напряжение 32 В, плазмообразующий газ аргон, производительность 3 кг/ч. Для металлографического анализа были подготовлены микрошлифы.

Определение трибологических характеристик – коэффициента трения  $f_{тр}$  и интенсивности изнашивания  $I$  проводили по схеме испытаний «диск-палец», на основе которой спроектирована и изготовлена машина трения (рис. 1).

Испытания проводили при относительной скорости скольжения  $v = (1,3...6,5)$  м/с, давлении в зоне трения  $P = (1...6)$  МПа. Износ определяли по методу отпечатков при  $P = 1$  МПа и  $v = 6,5$  м/с на пути 150 км. Интенсивность изнашивания находили согласно ГОСТ Р 50740 как отношение значения износа к пути, на котором происходило трение.

**Сравнение характеристик АДМ-покрытий из Б83 и Б88.** Как показали исследования, при увеличении давления до 4 МПа коэффициент трения уменьшается, при дальнейшем увеличении давления значение  $f_{тр}$  меняется незначительно. Изменение  $f_{тр}$  для покрытия из Б83 происходит постепенно, а из Б88 – скачкообразно (рис. 2).

При малых скорости скольжения и давлении  $f_{тр}$  у Б88 ниже, однако при увеличении нагрузок значение  $f_{тр}$  для обоих покрытий становится одинаковым.

**Сравнение баббитовых покрытий, полученных различными способами.** Проведенное сравнение показало, что у АДМ-покрытий  $f_{тр}$  во всем диапазоне давлений ниже по сравнению с ТЛ на 53–31%, с ГН на 54–16%, с ПН – на 44–18%. Интенсивность изнашивания АДМ-покрытий ниже по сравнению с ПН на 32%, с ТЛ – в 3,3 раза (рис. 3).

Результаты микроструктурного металлографического анализа показали, что основными фазами в структуре оловянных баббитов, помимо  $\alpha$ -твердого раствора на базе олова, являются SnSb ( $\beta$ -фаза) и игольчатые кристаллы  $Cu_3Sn$  ( $\epsilon$ -фаза). Для ПН- и АДМ-покрытий характерна дисперсная структура с размером  $\beta$ -фазы (SnSb)



Рис. 1. Принципиальная схема трибологических испытаний

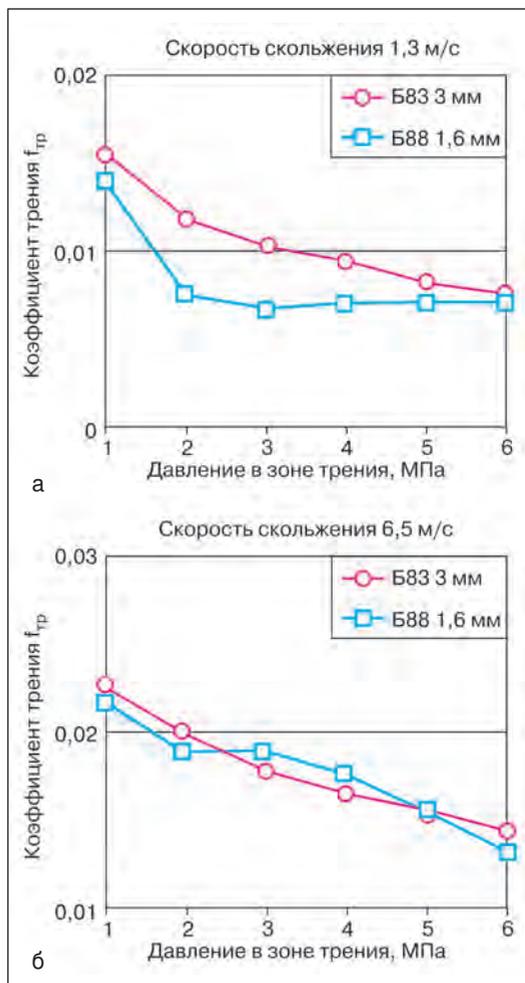


Рис. 2. Изменение коэффициента трения АДМ-покрытий из Б83 и Б88 при скорости скольжения 1,3 (а) и 6,5 м/с (б)

10–30 мкм, в то время как ТЛ и ГН обеспечивают получение баббита с интерметаллидными включениями SnSb размером 120–290 мкм и схожей глобулярной формой.

Скачкообразные изменения коэффициента трения при напылении покрытия с помощью тонкой (диаметр 1,6 мм) проволоки, вероятно, обусловлены отличиями в условиях формирования капель и дальнейшим охлаждением покрытия.

Уменьшение коэффициента трения при увеличении давления может быть обуслов-

Рис. 3. Значения коэффициента трения  $f_{тр}$  (а) и интенсивности изнашивания  $I$  (б) баббитовых покрытий, полученных различными способами

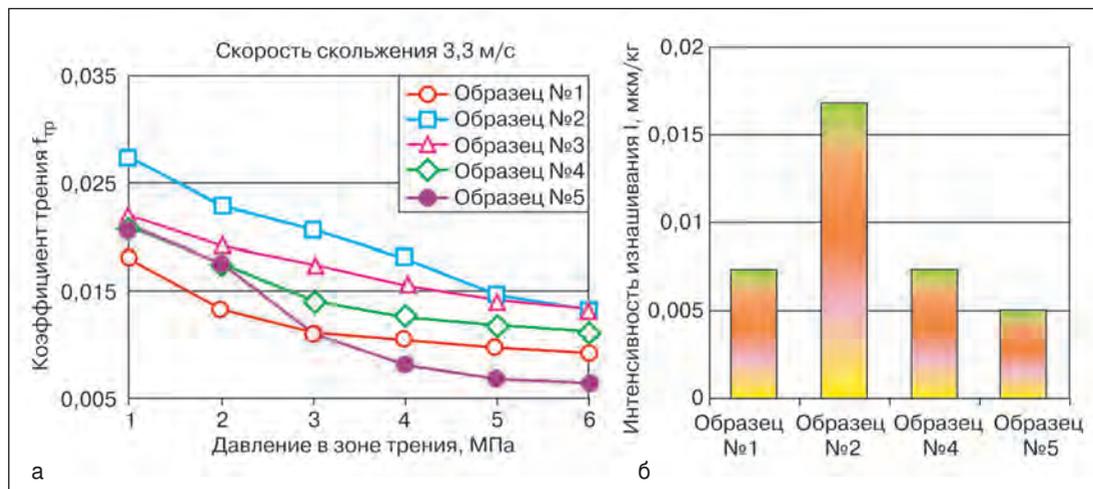


Рис. 4. Вид АДМ-покрытия толщиной 5 мм: а — баббит Б88 из проволоки диаметром 1,6 мм; б — баббит Б83 из проволоки диаметром 3 мм. Справа — после напыления, слева — после обработки

лено изменением соотношения влияния твердых интерметаллидов и основы, играющей роль мягкой прослойки. Основой хорошей приспособляемости трущихся поверхностей друг к другу в процессе относительного перемещения является благоприятная реакция на ужесточение трения, которая у гетерогенных сплавов проявляется в увеличении количества перенесенного на сопряженную поверхность металла из мягкой фазы за счет деформации на участках контактирования очагов легкого сдвига. Кристаллы мягкой  $\alpha$ -фазы с высокими антифрикционными свойствами в этом случае выполняют роль твердой смазки и предотвращают накопление на поверхности трения разрушений.

Снижение коэффициента трения и интенсивности изнашивания при напылении, в сравнении с литьем и наплавкой, вероятно обусловлено меньшим размером и большей равномерностью распределения интерметаллидных фаз, являющимися наиболее твердыми составляющими баббитовых по-

крытий. Также напыленные покрытия отличаются повышенной маслоемкостью пористого рабочего слоя, что приводит к меньшему износу при недостаточной смазке. Повышенный износ при ПН в сравнении с износом при АДМ обусловлен, вероятно, меньшей усталостной прочностью ПН-покрытий вследствие повышенных термических напряжений из-за избыточного тепловоголожения в распыляемый материал по сравнению с усталостной прочностью АДМ-покрытий.

Способом активированной дуговой металлизации были получены баббитовые покрытия толщиной 5 мм (рис. 4). Вследствие малой шероховатости покрытия припуск на обработку составил 0,5 мм на сторону (при ТЛ — 2 мм, при ГН до 4 мм), шероховатость поверхности после механической обработки  $Ra = 2,5$ . Отсутствие отслоений проверяли ультразвуковым дефектоскопом.

Баббитовые слои такой толщины и шероховатости применяют в подшипниках скольжения на тепловых станциях, в компрессорах, дизелях судовых двигателей, опорах скольжения дробилок в горной промышленности и т. д. Кроме лучших трибологических характеристик, по сравнению с литыми и наплавленными у АДМ-покрытий из баббита есть следующие положительные свойства: высокий коэффициент использования металла из-за малого припуска на обработку; возможность напыления слоя баббита на изношенный литой либо наплавленный слой; большая производительность.

Это особенности позволяют, в сравнении с базовым вариантом нанесения баббита литьем, снизить затраты на ремонт опор скольжения примерно на 20% и повысить технологичность, в частности применительно к крупным деталям.

● #589



## Оборудование для сварки нефте-газопроводов и других ответственных конструкций.



**Выпрямители ВДУ-306МТ и Урал-мастер 300** обеспечивают:

- предварительную плавную настройку и автоматическую стабилизацию сварочного тока;
- возможность использования в тяжелых трассовых условиях;
- защиту от оседания пыли (полностью герметичные печатные платы);
- возможность использования с сетевым кабелем большой длины;
- плавное (в том числе дистанционное) регулирование тока во всем диапазоне;
- ограничение напряжения холостого хода;
- форсирование тока короткого замыкания;

- защиту от прилипания электрода;
- индикацию параметров сварки на цифровом дисплее;
- автосохранение параметров сварки при отключении питания;
- устойчивость к вибрационным нагрузкам.

Аппараты предназначены для питания одного поста ручной дуговой сварки электродом с любым типом покрытия.

Выпрямители рекомендуются использовать для сварки неповоротных стыков труб нефте- и газопроводов, и других ответственных конструкций.



**Частотный постовой регулятор ЧПР-315 УРАЛ** предназначен для регулирования сварочного тока одного поста ручной дуговой сварки в многопостовой системе, работающей от источника типа ВДМ (взамен балластного реостата).

- микропроцессорное управление высокочастотным силовым транзистором;
- плавное регулирование тока во всем диапазоне (в том числе дистанционное);
- стабилизация сварочного тока при колебаниях напряжения на выходе выпрямителя при смене режима работы других постов;
- плавная настройка форсирования тока короткого замыкания.

Технические характеристики:	ВДУ-306МТ	Урал-мастер 300	ЧПР-315
Напряжение питающей сети, В	<b>3 x 380</b>	<b>3x400</b>	<b>50-85</b>
Номинальный сварочный ток, А	<b>315 (ПН-100%)</b>	<b>300 (ПН-60%)</b>	<b>315(ПН-100%)</b>
Номинальное сварочное напряжение, В	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
Пределы регулирования сварочного тока, А	<b>30-350</b>	<b>6-300</b>	<b>40-315</b>
Габаритные размеры, мм	<b>710 x 670 x 750</b>	<b>560x210x400</b>	<b>400x195x335</b>
Масса, кг.	<b>180</b>	<b>24</b>	<b>11,5</b>

**Оборудование аттестовано ООО "Газпром ВНИИГАЗ" и ОАО "АК "Транснефть".**

Завод сварочного оборудования ЗАО "УРАЛТЕРМОСВАР"

620017, Россия, Екатеринбург, ул. Московская, д.49, оф.67  
тел/факс: +7 (343) 376-46-80, 203-14-57, 203-14-58, 203-14-59  
[www.uraltermosvar.ru](http://www.uraltermosvar.ru) [uraltermosvar@mail.ru](mailto:uraltermosvar@mail.ru)

Выставочные салоны-магазины "МИР СВАРКИ"

Екатеринбург, ул. Куйбышева, 4 (343) 203-17-56  
Новосибирск, ул. Жуковского, 123 (383) 227-21-33 (сервис)  
Тюмень, ул. Магнитогорская, 4/3 (3452) 307-947 (сервис)

# Энергосберегающее оборудование для очистки воздуха от промышленных выбросов

А.В. Ващенко, «КОНСАР СПб» (Санкт-Петербург)

*Начало XXI века характеризуется резким ростом потребления электроэнергии во всем мире. Это заставляет ученых и инженеров искать альтернативные источники энергии или минимизировать расход электроэнергии в действующем оборудовании. И здесь не всегда главным является стоимость тепла или электроэнергии даже при постоянном росте цен на киловатты. Очень часто приходится внедрять энергосберегающие технологии просто потому, что в конкретном проекте недостаточно электрической или тепловой мощности, необходимой для работы оборудования или отопления новых производственных зданий. Поэтому весьма актуальны технологии, позволяющие максимально эффективно использовать уже имеющиеся ресурсы. Специалистам стоит внимательно присмотреться к такому источнику тепловой энергии, как загрязненный нагретый воздух в рабочих помещениях, выбрасываемый в окружающую атмосферу.*

**Энергосберегающие решения для очистки воздуха от загрязняющих веществ.** Многие технологические процессы сопровождаются интенсивным выделением жидких и твердых пылей и аэрозолей.

Большое количество вредных веществ поступают как в цеха, так и с вентиляционными выбросами в воздушный бассейн, загрязняя окружающую среду. Загрязнение воздуха может классифицироваться как аэрозольное (крупно- и мелкодисперсные твердые металлические или неметаллические частицы (пыль), эмульсии, масляные туманы, сварочные аэрозоли, аэрозоли СОЖ и т. д.) или молекулярное (газ).

Аэрозольные и молекулярные частицы попадают в дыхательную систему и систему кровообращения человека, оказывая негативное влияние на организм.

Традиционно для удаления аэрозольных и молекулярных загрязнений на предприятиях используют либо местную вытяжную вентиляцию с выбросом загрязненного воздуха в атмосферу, либо общеобменную вентиляцию для разбавления выделяющихся вредностей. Очистка выбрасываемого при этом воздуха не производится или производится с использованием установок «циклон», имеющих очень низкую эффектив-

ность. Подобные системы удаления и очистки воздуха являются энергоемкими и малоэффективными.

Появление новых фильтровальных материалов привело к разработке новых видов оборудования для очистки загрязненного воздуха с возможностью его возврата после очистки в рабочее помещение.

Одним из крупных отечественных производителей и системных интеграторов энергосберегающего оборудования для очистки воздуха от промышленных выбросов является инжиниринговая компания «Консар», основанная в 1992 г. Компания предлагает комплексный подход к решению проблем очистки воздуха с полным комплексом профессиональных услуг, который включает: предпроектные исследования, проектные работы, производство, поставку, монтаж, наладку, гарантийное и послегарантийное обслуживание. Это делает бизнес заказчика более стабильным и выгодным.

Компания под торговой маркой «Консар» производит более 70 моделей фильтровентиляционных установок производительностью от 500 до 200 000 м<sup>3</sup>/ч с регенерацией фильтров вибровстряхиванием или воздушно-импульсной продувкой.

В качестве примера здесь представлены индивидуальные установки, обеспечивающие удаление и очистку воздуха от локальных источников пылевыведения в различных отраслях промышленности. Такие установки располагаются в непосредственной близости от источника и имеют в своем составе вентилятор, фильтр для очистки загрязненного воздуха и накопитель отходов. Высокая степень очистки позволяет возвращать очищенный воздух обратно в рабочее помещение.

Применение подобных индивидуальных установок решает важную экологическую и экономическую проблемы — переход на замкнутый воздушный цикл, что улучшает санитарно-гигиеническую обстановку и дает существенную экономию энергетических ресурсов.

**Эффективное оборудование для очистки воздуха.** Очистка воздуха на промышленных предприятиях — наиболее актуальная экологическая задача. На всех машиностроительных, металлургических, металлообрабатывающих предприятиях, производящих строительные материалы, используются технологические процессы, сопровождающиеся образованием пыли, аэрозолей, туманов.

Особенно много пыли при работе заточных, шлифовальных и отрезных станков, проведении сварочных и газорезательных работ, производстве электродов, обработке камня, стекла, керамики и т. д. Пыль пагубно воздействует на здоровье персонала, попадает в дыхательные пути и в легкие, вызывает раздражение слизистой оболочки глаз и кожи, приводит к аллергическим и профзаболеваниям. Вредные вещества разносятся на большие расстояния, загрязняя окружающую среду.

Наибольшую трудность в улавливании составляют частицы размером менее 10 мкм, и они же являются наиболее летучими. Частицы размером менее 5 мкм вообще не осаждаются и постоянно витают в воздухе.

Решить данные задачи могут новые фильтровальные материалы, позволяющие улавливать частицы размером менее 1 мкм. На их основе созданы картриджные фильтры, совмещающие в себе высокое качество фильтрации и большую фильтровальную поверхность при малых габаритах установок. Вот некоторые установки, представленные на рынке.

**Установки серии «ФВУ»** на основе электростатического фильтроэлемента или фильтрокассеты предназначены для очистки воздуха от сварочных газов, тумана, химической, фармацевтической и металлической пыли и аэрозолей с размерами частиц до 0,1 мкм. В установках используется трехступенчатая очистка воздуха: фильтр грубой очистки, фильтр тонкой очистки (электростатический фильтр) и газовый фильтр. На производствах с интенсивным процессом сварки рекомендуются установки с электростатическим несменяемым фильтром. На производствах с неинтенсивным или периодическим сварочным процессом

вполне применимы более экономичные варианты с фильтрокассетой.

**Установки серии «ФКЦ»** предназначены для очистки от пыли, образующейся при шлифовании, обработке резанием, точением; обработке литейных форм; пескоструйной и дробеструйной обработке; пересыпке пылящих материалов. Для очистки воздуха используется двухступенчатая очистка: циклонный элемент и картриджный фильтр с механизированной системой регенерации.

**Установки серии IPERJET** предназначены для очистки воздуха от сварочных газов, аэрозолей, дымов с примесью масла, химической, фармацевтической и металлической пыли, сухой стружки и опилок в умеренных количествах и сухих пылей. В установках используется очистка воздуха специальным картриджем с импульсной системой регенерации сжатым воздухом.

**Установки серии CLEANING NO SMOKE** предназначены для очистки от сварочных аэрозолей, газов, мелкодисперсной пыли, запахов, образующихся при различных процессах. В установках использован высокоэффективный картриджный фильтр.





Установки серии **NOIL** и **OIL STOP** предназначены для очистки от масляного тумана, аэрозолей СОЖ и других эмульсий, образующихся при различных процессах. В установках использована двухступенчатая система очистки воздуха специальными картриджами.



Позволяют одновременно обслуживать до 12 рабочих мест.

Установки серии **УВП-СТ** (**УВП-СТ-МП**, **УВП-СТ-С**, **УВП-СТ-К**) предназначены для очистки воздуха при лазерной и плазменной резке, шлифовании, сварке металлов, на литейных и закалочных участках. Производительность установок от 2 500 до 44 000 м<sup>3</sup>/ч. Эффективная воздушно-импульсная регенерация картриджей и рукавных фильтров автоматизирована. Установки также успешно применяются в пищевой и цементной промышленности, при производстве строительных смесей, фасовке сыпучих материалов.



Установки серии **ICEF** предназначены для удаления и очистки воздуха от пыли, аэрозолей и

газов, образующихся при различных процессах, например при выбивке опок в металлургии. В установке использован уникальный водяной фильтр, позволяющий улавливать искры и частички, имеющие высокую температуру.

Установки серии **OLISMOKE** предназначены для удаления дымов и паров, образующихся при низкотемпературной пайке.

Установки серии «А» предназначены для удаления и очистки воздуха от абразивной пыли, образующейся при работе заточных, отрезных, шлифовальных станков. В установке использована двухступенчатая схема очистки воздуха с применением циклона-искрогасителя и рукавных фильтров.



Энергосберегающие вентиляторы типа **MIXER** предназначены для перемещения сверху вниз воздуха в рабочих помещениях, при этом в летнее время достигается эффект охлаждения, а в зимнее время поддерживается равномерная температура.

Установки серии **F** предназначены для очистки воздуха от дымов и аэрозолей, образующихся в процессе сварки мягким припоем.



В настоящий момент на отечественном рынке доступны более 100 моделей рукавных, картриджных, электростатических фильтров производительностью от 500 до 150 000 м<sup>3</sup>/ч. Правильное и эффективное решение задач очистки воздуха требует обязательной консультации у специалистов, только в этом случае можно добиться ожидаемого результата. ● #590

Публикуется на правах рекламы.



КОНСАР СПб  
  
 CONSAR SPB

«КОНСАР СПб»  
 196143, С.-Петербург,  
 ул. Алтайская, д. 37, лит. «А»  
 тел.: (812)708-54-62, 708-44-09  
 моб. тел. 8(904)634-49-96  
 e-mail: konsar@konsar-spb.ru  
<http://www.konsar-spb.ru>



**ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ.**

# ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

**Официальный дистрибьютор  
Опытного завода сварочных материалов  
Института электросварки им. Е.О. Патона**

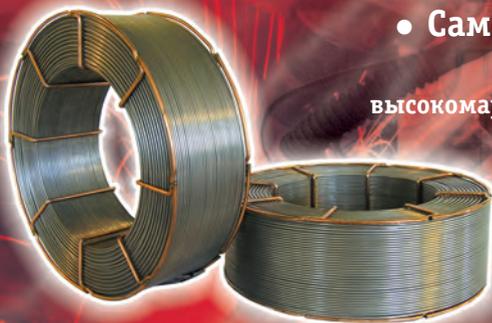
- **Покрытые электроды марки АНО-36, АНО-21, АНО-21У, АНО-6У, АНО-4, АНО-4И, МР-3**

для сварки переменным током низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву до 450 МПа.

- **Покрытые электроды марки УОНИ-13/45, УОНИ-13/55**

с улучшенными характеристиками для сварки постоянным и переменным током (от трансформаторов типа СТШ-СГД) низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа и стержней арматуры сборных железобетонных конструкций из стали классов А-II, А-III.

- **Покрытые электроды марки АНВМ-1** для сварки и наплавки постоянным током высокомарганцевых сталей типа 110Г13, 60Х5Г10Л, 30Г18Х4: ремонт переводов стрелочных, крестовин, ножей и зубьев ковшей экскаваторов, щек камнедробилок, бронеплит; экономнолегированный, устойчивый к ударному износу наплавленный металл типа 30Г20Т; эффективная, экономически оправданная замена электродов марок ННИ-49Г, ОЗЛ-6 ЦНИИ-4, ЭА-981/15.



- **Самозащитная порошковая проволока ПП-АНВМ-1**

**и ПП-АНВМ-2** для механизированной сварки и наплавки высокомарганцевых сталей типа 110Г13, 60Х5Г10Л, ОХ14АГ12М и 30Г18Х4: ремонт переводов стрелочных, крестовин, ножей и зубьев ковшей экскаваторов, щек камнедробилок, бронеплит; «залечивание» дефектов литья, наплавка деталей и узлов из углеродистой стали; экономнолегированный, устойчивый к ударному износу наплавленный металл типа 30Г20Т и 15Х10Г20Т.

**Сварочные электроды ОЗСМ ИЭС им. Е. О. Патона — это стабильное качество и высокая производительность сварки.**

Киев, 03150, ул. Антоновича (Горького), 62 E-mail: sales@et.ua

т./ф. +380 44 287-2716, 200-8050, 289-2181,  
200-8056 (многоканальный)

**WWW.ET.UA**

# Оборудование для сварки встык полимерных труб нагретым инструментом

Н.П. Нестеренко, д-р техн. наук, А.Н. Гальчун, В.Ю. Кондратенко, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

*В настоящее время во всем мире в строительстве систем газо-, водоснабжения, канализации и теплоснабжения полимерные трубы занимают лидирующее положение. На одного жителя Европейского союза приходится более 7 кг полимерных труб, и их производство активно развивается. В Украине полимерные трубы производят около 20 предприятий. Их число с каждым годом увеличивается благодаря растущему спросу на данную продукцию и небольшим капитальным затратам на организацию производства. Высокие эксплуатационные характеристики полимерных труб и масса нерешенных проблем с трубопроводами в Украине гарантируют их востребованность в течение еще многих лет.*

Трубопроводы из полимерных труб, как правило, сваривают встык нагретым инструментом.

Для выполнения сварочных работ используют сварочные установки с гидравлическим приводом различной степени автоматизации: с ручным управлением, со средней степенью автоматизации и высокой степенью автоматизации. Нормативные документы на строительство газопроводов из полимерных труб рекомендуют использовать установки со средней и высокой степенью автоматизации. Такие установки обеспечивают довольно высокую степень повторяемости результатов сварки, что существенно снижает объемы работ, связанных с контролем качества сварных соединений.

Для сварных соединений полиэтиленовых труб водопроводов в практике строительства обычно используют сварочные установки с ручным управлением, имеющие относительно низкую стоимость и простоту в управлении. Однако водопроводы зачастую функционируют в более жестких условиях, чем газопроводы. Это связано с применением в расчетах рабочего давления, коэффициент безопасности которого составляет 1,25 вместо 2,0, принятого для газопроводов. В связи с этим вопрос о качестве сварных соединений таких трубопроводов также является весьма актуальным.

Обеспечение качества сварных соединений на установках с ручным управлением затрудняется отсутствием объективного

контроля основных параметров технологического режима. Тем не менее, на наш взгляд, получение заданных характеристик сварных соединений на установках с ручным управлением можно обеспечить путем незначительного усовершенствования конструкции установок без значительного увеличения их стоимости.

Современные установки для сварки полимерных труб встык нагретым инструментом включают набор следующих блоков: центратор, торцеватель, нагреватель, гидростанцию и источник питания. Примером могут служить установки, разработанные в Институте электросварки им. Е.О. Патона.

Основной узел установки — центратор, как правило, представляет собой набор зажимных хомутов, собранных на двух направляющих. Подвижные зажимы перемещают по направляющим с помощью гидроцилиндров.

Торцеватель в рабочем положении устанавливается на направляющие центратора между зажатыми торцами труб. Основными рабочими органами торцевателя являются приводные диски с установленными на них ножами.

Применение пневмопривода вместо гидро- или электропривода позволяет повысить быстродействие работы центратора, улучшить надежность работы оборудования, делая его при этом более простым. Важным преимуществом пневмопривода по сравнению с гидравлическим или электромеханическим приводом в сварочном комплексе является снижение его массы и стоимости.

В ИЭС им. Е.О. Патона разработана механизированная установка для сварки встык нагретым инструментом полиэтиленовых труб диаметром 160–400 мм для работы в полевых условиях (*рисунок*).

Для механизации сварочного процесса использован пневмопривод для перемещения труб, зажатых в центраторе, а также для механической обработки торцов свариваемых труб.

Система рычагов центратора обеспечивает синхронность и плавность работы двух

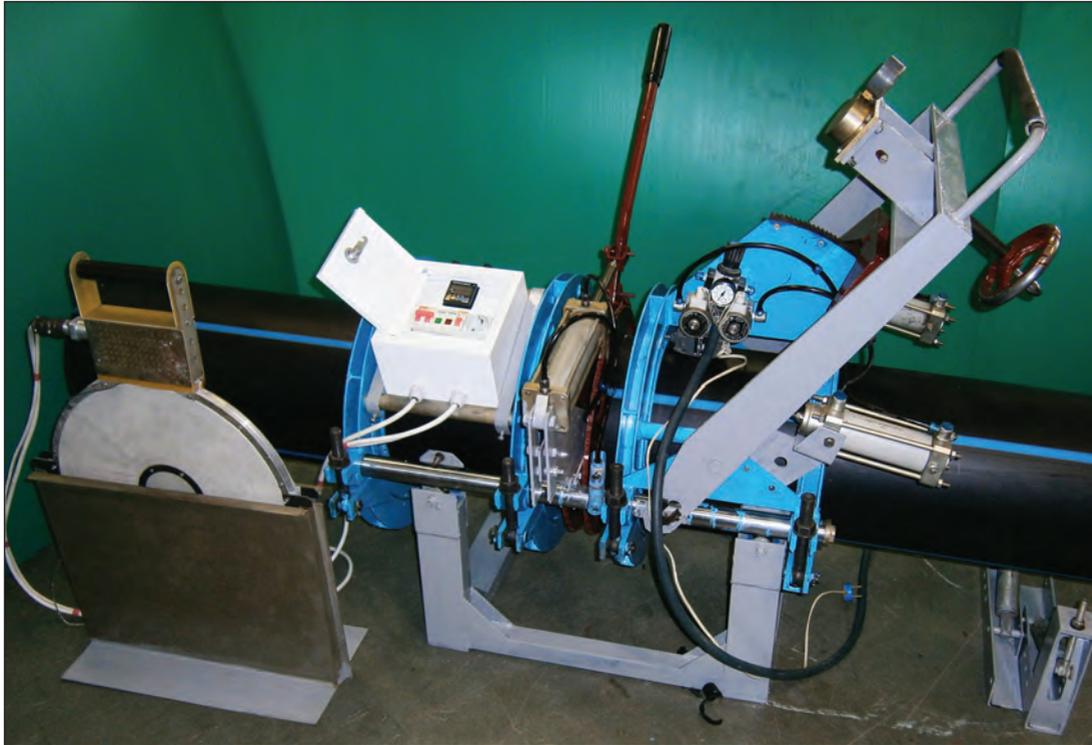


Рисунок.  
Установка  
для сварки  
встык  
нагретым  
инструментом  
полиэтиленовых  
труб  
диаметром  
160–400 мм

пневмоцилиндров, отвечающих за быстрый подвод-отвод свариваемых торцов труб.

Применение пневмопривода в торцевателе основано на нечувствительности пневмопривода к перегрузке.

В данной установке предусмотрена возможность работы в режиме ручного приво-

да, что может быть полезно при возникновении нестандартных ситуаций в сложных производственных условиях.

При дальнейшей доработке механизированной установки с пневмоприводом возможно создание сварочного комплекса с высокой степенью автоматизации. ● #591

## 6-я Уральская научно-практическая конференция «Сварка Реновация Триботехника»

1 февраля 2013 г. (Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ  
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина)

Организаторы: НТИ (ф) УрФУ, ОАО «НПК «Уралвагонзавод», ООО «Композит».

Участвуют докладчики и слушатели. Тезисы докладов (до 3 страниц)  
принимаются до 25.12.12 по электронной почте 245901@mail.ru.  
Сборник докладов выйдет к началу конференции.

Предоставляется возможность посетить производственные участки плазменной  
закалки, наплавки, карбонитрации, а также танковый и музей горно-заводского дела.

Выдаются сертификаты о повышении квалификации государственного образца.

Оргвзнос — 500 руб.

**Тел. +7 950-656-2575**

Подробнее на сайте [www.kompozit.ru](http://www.kompozit.ru).

Ответственный за программную часть конференции  
профессор Коротков Владимир Александрович. Тел. +7 950-656-2575

# Методы активизации решения творческих инженерных задач\*

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

**Метод морфологического ящика.** *Этот метод разработан швейцарским астрономом Ф. Цвикки. Основная цель метода состоит в построении всех возможных вариантов реализации исследуемого объекта, как правило, для определения возможных границ его изменения.*

Метод реализуют пятью процедурами:

- дают точную формулировку проблемы, подлежащей решению. На этом этапе очень важно дать общее описание исследуемого объекта;
- формулируют (выявляют) важные характеристики (свойства, функции) объекта, совокупность которых обеспечивает существование и функционирование объекта, решение проблемы;
- раскрывают возможные варианты реализации каждой характеристики (свойства, функции);
- совокупность полученных вариантов сводят в морфологическую матрицу (морфологический ящик);
- выбирают решение из морфологического ящика, определяют его функциональную ценность и возможность технического совмещения в единой системе.

Морфологический ящик представляет собой многомерную таблицу. Построение начинают с выбора главных характеристик — осей ящика. В качестве осей берут части объекта или этапы процесса. Их обозначают буквами. Записывают возможные альтернативы по каждой оси (элементы оси). Общее количество элементов в морфологическом ящике равно произведению чисел элементов на осях.

Морфологический ящик будет тем полнее, чем больше осей в нем и чем длиннее эти оси. Так, ящик, составленный Ф. Цвикки для прогнозирования одного только типа ракетных двигателей, при 11 осях имел 36 864 комбинаций. В этом, собственно, и заключается один из недостатков морфологического метода. При решении даже относительно простых задач в морфологическом ящике могут оказаться тысячи и десятки тысяч вариантов.

\* Продолжение. Начало см. «Сварщик в России» №2–2012.

Другой недостаток метода — отсутствие уверенности в том, что при построении ящика учтены все оси и все классы вдоль этих осей.

Считают, что этот метод наиболее эффективен при решении конструкторских задач общего плана (проектирование новых машин, поиск новых компоновочных решений).

Метод морфологического ящика находит применение на стадии реализации направления решения проблемы в то время, когда конкретное техническое средство еще не выбрано окончательно, и идет процесс формирования его структуры. Метод также используют при прогнозировании развития технических систем, применяют его и эксперты, определяющие новизну технических решений.

**Метод конструирования Р. Коллера.** В значительной степени уровень конструкторской деятельности зависит от степени новизны изделия. Можно выделить несколько уровней конструирования. Первым (высшим) уровнем является конструирование творческое (оригинальное), когда оно основано на новых принципах работы. Вторым уровнем является конструирование машин, принцип работы которых известен ранее, но конструктор при этом получает новые качественные и количественные характеристики. Третий уровень — разработка известных в принципе машин, приспособленных к определенным условиям эксплуатации. Четвертый уровень — разработка ряда однотипных машин определенного назначения, которые отличаются какими-либо параметрами. И последний, пятый уровень — конструирование деталей и сборочных единиц в соответствии с условиями производства и требованиями стандартов.

В то же время в процессе конструирования присутствует еще мало изученный процесс творчества, потому что часто в первом приближении следует наглядно изобразить изделие или его элемент, который предметно еще не существует. Это и есть творческая задача в области техники.

Одним из методов активизации решения творческих задач является метод конструирования Р. Коллера. Он базируется на трех

составных частях, каждая из которых представляет самостоятельный интерес:

- последовательность конструирования изделий;
- структура основных операций и основных функций;
- фонд физических эффектов.

В наиболее общем виде процесс конструирования может быть разделен на три этапа синтеза: функциональный, качественный и количественный. Данную последовательность называют физико-алгоритмической методикой конструирования. Следует иметь в виду, что для каждого из приведенных этапов разработаны правила и методики его выполнения. В процессе описания этапов Р. Коллер указывает их комплексность, понимая под ней полноту рекомендаций (или полноту алгоритмизации).

Основная цель физико-алгоритмической методики — поиск как можно большего числа решений поставленной задачи с целью выбора оптимального в конкретных условиях. Для этого необходимо полное абстрагирование от реальной конструкции анализируемого объекта; внимание концентрируется на функции, которую это изделие должно выполнять.

Все технические системы Коллер делит на три класса: машины, преобразующие энергию; аппараты, преобразующие вещество; приборы, преобразующие информацию. Процесс исследования разделяют на отдельные этапы. Постановка задачи включает описание цели, условий и ограничений. Первым шагом на пути от постановки задачи к конкретным решениям является формулировка общей функции системы, подлежащей разработке. Под формулировкой общей функции понимают установление свойств и состояний входных и выходных величин в соответствии с заданной целью и с учетом ограничивающих условий. Входные и выходные параметры системы представляют собой функцию цели, которую необходимо достичь. Получив представление о связях «причина-следствие» системы на уровне функций, их заменяют отдельным сочетанием определенных подфункций и только после этого занимаются поиском путей реализации отдельных подфункций.

Важной особенностью метода Р. Коллера является последующее расчленение выделенной структуры подфункций на отдельные элементарные физические функции (неделимые элементы в функционально-физическом анализе технических сис-

тем). Каждая элементарная функция характеризуется, кроме выполняемой операции, еще и преобразуемой величиной. Если же отвлечься от параметра на входе параметра и на выходе, то остается чистая операция (подобно математической) или, по определению автора, основная операция. Таким образом, все функциональное многообразие технических систем сводится Р. Коллером к 12 основным операциям. Каждая операция имеет два значения: прямое и обратное (излучение — поглощение, проводимость — изолирование, сбор — рассеивание, проведение — непроведение, преобразование — обратное преобразование, увеличение — уменьшение, изменение направления (выравнивание) — колебание, сопряжение — прерывание, соединение — разъединение, монтаж (сборка) — разъединение, накопление — выдача).

В дополнение к основным физическим операциям Р. Коллер использует известные алгебраические (сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень, извлечение корня, отыскание логарифма, интегрирование, дифференцирование) и логические («и», «или», «не») операции.

В общем случае для реализации требуемой функции предлагают несколько элементарных функций (операций).

После разработки структуры элементарных функций осуществляют фазу конструирования, включающую выбор физических эффектов и их носителей, реализующих отдельные основные операции. Этот выбор производят с помощью разработанного Р. Коллером указателя физических эффектов и явлений, представляющих собой систематический подбор физических эффектов для отдельных основных операций. Такой специализированный информационный справочник является хорошим вспомогательным средством для реализации определенных элементарных функций.

Таким образом, предложенная Р. Коллером последовательность операций позволяет перейти от постановки задачи к принципиальному решению методически (с помощью правил). В результате появилась возможность автоматизации с помощью ЭВМ отдельных творческих этапов конструирования.

**Алгоритм решения инженерных (изобретательских) задач.** Алгоритм решения инженерных (изобретательских) задач (АРИЗ) разрабатывался в СССР под руководством Г.С. Альтшуллера и в своей основе использует стандартные эвристические приемы.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) базируется на закономерностях развития технических систем (ТС). Эти закономерности объединены в три группы и отражают соответственно статику, кинематику и динамику ТС.

К первой группе отнесены полнота частей системы (необходимым условием принципиально жизнеспособной системы является наличие и минимальная работоспособность основных ее частей: двигателя, трансмиссии, рабочего органа, органа управления); энергетическая проводимость (сквозной проход энергии по всем частям системы); согласование ритмики частей системы (частоты колебаний, периодичность действия и т.д.).

Во вторую группу включены: увеличение степени идеальности (идеальная ТС — система, масса, объем и площадь которой стремится к нулю, хотя ее способность выполнять работу не уменьшается, т.е. ее функция сохраняется); неравномерность развития частей (чем сложнее система, тем неравномернее ее развитие); переход в надсистему (исчерпав возможность развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей, при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы).

Третью группу составляют: переход с макроуровня на микроуровень; увеличение степени вепольности (под простейшей вепольной системой понимают совокупность двух веществ (объекта  $B_1$  и инструмента  $B_2$ ) и поля  $P$ , дающего энергию взаимодействия). В соответствии с этим развитие идет в следующих направлениях: переход от механических полей к электромагнитным, увеличение степени дисперсности веществ, числа связей между элементами; ускорение реакции системы и т.д.

ТРИЗ предусматривает использование таких понятий, как техническое противоречие и идеальный конечный результат.

Техническое противоречие (ТП) представляет собой конфликт между частями или свойствами системы (или «межранговый» конфликт системы с надсистемой, системы с подсистемой). Для перехода к физическому противоречию (ФП) из двух конфликтующих частей системы ТП выделяют одну часть, а в этой одной части — одну зону, к физическому состоянию которой предъявляются противоречивые требования. Формулируют ФП следующим образом: «Данная зона должна обладать свойством  $A$  (например, быть подвижной), чтобы выполнять такую-то функцию, и свойством

не- $A$  (например, быть неподвижной), чтобы удовлетворять требованиям задачи».

Четкая локализация и предельная обостренность самого конфликта (быть  $A$  и не быть  $A$ ) в рамках ФП позволяет наметить план решения противоречивой задачи.

При решении задачи ориентируются на идеальный ответ. Хотя такой ответ не всегда достижим в полной мере, но есть стремление достигнуть максимального приближения к нему. Составленную по определенным правилам формулировку идеального ответа называют идеальным конечным результатом (ИКР). Это может быть «идеальная машина», «идеальное вещество», «идеальный способ».

Известно около 20 модификаций АРИЗ. Постоянные изменения в структуре метода, комбинации процедур, предлагаемые его разработчиками, говорят о том, что процесс развития метода продолжается, все больше опираясь на понимание тенденций развития технических систем, их особенностей и закономерностей мыслительного процесса. В последние десятилетия появились варианты АРИЗ, ориентированные на решение задач в определенных направлениях, определенной специализации.

В общем виде АРИЗ представляет собой программу последовательных действий из шести стадий. На стадии выбора задачи определяют направление решения поставленной проблемы, ведут поиск альтернативных путей. На второй стадии строят модель задачи, т.е. выделяют те элементы технической системы, которые образуют ТП. На третьей стадии (анализ модели задачи) уточняют зону конфликта и формируют требование к изменяемому элементу на уровне ФП. На четвертой стадии выполняют оценку найденного решения или подхода. На пятой (оперативной) стадии разрешают ТП. На шестой стадии (синтетической) согласуют вновь полученную ТС с другими системами, и принцип решения данной задачи распространяется на другие проблемы.

В процедурной части АРИЗ содержатся также приемы и примеры, призванные устранить психологическую инерцию мышления.

Разработан перечень типовых приемов устранения технических противоречий, содержащий 40 наименований.

#### 1. Принцип дробления:

- разделить объект на независимые части;
- выполнить объект разборным;
- увеличить степень дробления (измельчения).

*2. Принцип вынесения.*

Отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть.

*3. Принцип местного качества:*

- перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;
- разные части объекта должны иметь разные функции;
- каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее соответствующих ее работе.

*4. Принцип асимметрии.*

Машины рождаются симметричными. Это их традиционная форма. Поэтому многие задачи, трудные по отношению к симметричным объектам, легко решаются нарушением симметрии.

*5. Принцип объединения:*

- соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;
- объединить во времени однородные или смежные операции.

*6. Принцип универсальности.*

Объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.

*7. Принцип «матрешки»:*

- один объект размещен внутри другого, который, в свою очередь, находится внутри третьего и т. д.;
- один объект проходит сквозь полость в другом объекте.

*8. Принцип антивеса:*

- компенсировать вес объекта соединением с другими объектами, обладающими подъемной силой;
- компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэро-, гидродинамических и других сил).

*9. Принцип предварительного напряжения.*

Заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям.

*10. Принцип предварительного исполнения:*

- заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или частично);
- заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.

*11. Принцип «заранее подложенной подушки».*

Компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.

*12. Принцип эквипотенциальности.*

Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

*13. Принцип «наоборот»:*

- вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное (например, не охлаждать объект, а нагревать);
- сделать движущуюся часть объекта (или внешней среды) неподвижной, а неподвижную — движущейся;
- перевернуть объект «вверх ногами».

*14. Принцип сферoidalности:*

- перейти от прямолинейных частей объекта к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба или параллелепипеда, к шаровым конструкциям;
- использовать ролики, шарики, спирали;
- перейти к вращательному движению, использовать центробежную силу.

*15. Принцип динамичности:*

- характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы;
- разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга.

*16. Принцип частичного или избыточного решения.*

Если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше». Задача при этом может существенно упроститься.

*17. Принцип перехода в другое измерение:*

- трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (т. е. по плоскости). Соответственно, задачи, связанные с движением (или размещением) объектов в одной плоскости, устраняются при переходе к пространству трех измерений;
- многоэтажная компоновка объектов вместо одноэтажной;
- наклонить объект или положить его «набок»;
- использовать обратную сторону данной площади;
- использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или на обратную сторону имеющейся площади.

*18. Использование механических колебаний:*

- придать объекту колебательное движение;
- если такое движение уже совершается — увеличить его частоту (вплоть до ультразвуковой);
- использовать резонансную частоту;

- применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы;

- использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

*19. Принцип периодического действия:*

- перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному);
- если действие уже осуществляется периодически — изменить периодичность;
- использовать паузы между импульсами для осуществления другого действия.

*20. Принцип непрерывности полезного действия:*

- вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой);
- устранить холостые и промежуточные ходы.

*21. Принцип проскока.*  
Вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.

*22. Принцип «обратить вред в пользу»:*

- использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта;
- устранить вредный фактор за счет сложения с другим вредным фактором;
- усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

*23. Принцип обратной связи:*

- ввести обратную связь;
- если обратная связь есть — изменить ее.

*24. Принцип «посредника».*

Использовать промежуточный объект-переносчик.

*25. Принцип самообслуживания:*

- объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции;
- использовать отходы (энергии, вещества).

*26. Принцип копирования:*

- вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии;
- заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии);
- если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.

*27. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности.*

Заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом

некоторыми качествами (например, долговечностью).

*28. Замена механической системы:*

- заменить механическую систему оптической, акустической или «запаховой»;
- использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;
- перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных — к меняющимся во времени, от неструктурных — к имеющим определенную структуру;
- использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

*29. Использование пневмоконструкций и гидроконструкций.*

Вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.

*30. Использование гибких оболочек и тонких пленок:*

- вместо объемных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки;
- изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.

*31. Применение пористых материалов:*

- выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. п.);
- если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-либо веществом.

*32. Принцип изменения окраски:*

- изменить окраску объекта или внешней среды;
- изменить степень прозрачности объекта или внешней среды;
- для наблюдения за плохо видимыми объектами или процессами использовать красящие добавки;
- если такие добавки уже применяются, использовать меченые атомы.

*33. Принцип однородности.*

Объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала (или близкого ему по свойствам).

*34. Принцип отброса и регенерации частей:*

- выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т. п.) или видоизменена непосредственно в ходе работы;
- расходимые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.

Антипод принципа отброса — принцип регенерации.

**35. Изменение физико-химических параметров объекта:**

- изменить агрегатное состояние объекта;
- изменить концентрацию или консистенцию;
- изменить степень гибкости;
- изменить температуру.

**36. Применение фазовых переходов.**

Использование явлений, возникающих при фазовых переходах, например, изменение объема, выделение или поглощение теплоты и т. д.

**37. Применение термического расширения:**

- использовать термическое расширение или сжатие материалов;
- если термическое расширение уже используется, применить несколько материалов с разными коэффициентами термического расширения.

**38. Применение сильных окислителей:**

- заменить обычный воздух обогащенным;
- заменить обогащенный воздух кислородом;
- воздействовать на воздух или кислород ионизирующим излучением;
- использовать озонированный кислород;
- заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.

**39. Применение инертной среды:**

- заменить обычную среду инертной;
- вести процесс в вакууме.

**40. Применение композиционных материалов.**

Перейти от однородных материалов к композиционным.

Разработчики АРИЗ считают, что современный инженер должен хорошо знать типовые приемы устранения технических противоречий. Без этого немислима научная организация творческого процесса.

АРИЗ базируется на том, что возникающие ТП можно типизировать и каждое такое типичное противоречие устранить типичным приемом. Составлены таблицы, где по горизонтали указаны технические характеристики, которые желательно усовершенствовать, по вертикали — технические характеристики, которые ухудшаются, если первые характеристики улучшать известным способом, что нельзя допускать. В ячейках, где пересекаются эти взаимоисключающие друг друга характеристики, указаны номера типовых приемов (описанных выше), с помощью которых эти противоречия можно исключить или уменьшить.

Использование ЭВМ, в том числе в диалоговом режиме, позволяет облегчить и ускорить решение ряда инженерных задач методом АРИЗ.

В настоящее время АРИЗ продолжают совершенствовать, и он остается одним из наиболее привлекательных инструментов решения различных инженерных задач.

● #592

## Сварные трубы Луганского трубного завода на рынке России



«Метинвест Евразия», оптово-розничный канал сбыта Группы Метинвест в Российской Федерации, с февраля 2012 г. приступил к реализации электро-сварных труб производства ПАО «Луганский трубный завод» (ЛТЗ). В феврале поставки труб ЛТЗ на склады «Метинвест Евразия» составили около 4 тыс. т — об этом сообщает пресс-центр Группы Метинвест.

Продукция ПАО «Луганский трубный завод» традиционно востребована на рынке Российской Федерации в силу географической близости производителя к российским потребителям, узнаваемости продукции на рынке России и широких производственных возможностей предприятия. Предприятие выпускает широкий спектр продукции: профильные квадратные трубы от 15 до 140 мм; профильные прямоугольные трубы от 30×20 до 180×100 мм; круглые трубы диаметром от 51 до 168 мм.

«В 2010–2011 гг. сегмент профильных труб демонстрировал наибольшие темпы роста потребления среди всех групп строительного проката в европейской части России. Дополнение сортамента наших металлоцентров сварными трубами Луганского трубного завода — это логичный шаг на пути улучшения сервиса для наших клиентов. Сегодня мы способны предложить строительной отрасли и производителям металлоконструкций практически полный сортамент металлопроката строительного назначения, тем самым еще более полно соответствовать их потребностям», — отметил Роман Рыбалов, генеральный директор ООО «Метинвест Евразия».



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

# Малогабаритный сварочный инвертор для монтажных работ Handy 160

А.М. Фивейский, канд. техн. наук, ООО «ШТОРМ»

*Источники питания для сварки со временем стали более компактными и универсальными. Использование инвертора позволило увеличить скорость управления параметрами режима сварки, увеличить стабильность параметров, существенно снизить потребление энергии.*

Для примера сравним инверторные источники питания второго поколения (цифровые) фирмы SHTORM-LORCH Handy 160 и источники питания трансформаторного типа до 160 А. В трансформаторах при формировании внешних вольт-амперных характеристик, необходимых для стабильного процесса сварки (устойчивого горения дуги), происходит насыщение его магнитной системы, что приводит к увеличению потерь в его магнитопроводе, к росту тока на-

магничивания и магнитного рассеяния и, как следствие, к неизбежным потерям электроэнергии. В инверторных источниках формирование этих вольт-амперных характеристик регулируется с помощью платы управления с использованием обратных связей по току и напряжению. Таким образом, потребляемая электроэнергия почти полностью переходит в энергию сварочной дуги, за исключением небольших неизбежных потерь. Поэтому коэффициент мощности ( $\cos\phi$ ) инверторных источников питания практически равен единице (из-за отсутствия потребления реактивной мощности), а КПД достигает 85–90%. По этой же причине при работе источников на холостом ходу потребление электроэнергии отличается на порядок: 45–50 Вт – в инверторах второго поколения против 300–500 Вт – в трансформаторных источниках.

Основное достоинство инверторных выпрямителей – их малые размеры и масса, что делает их более мобильными и удобными. Наличие обратных связей, высокой скорости управления сварочными параметрами позволяет повысить стабильность горения дуги, сварочного тока, т. е. достичь высоких сварочно-технологических качеств источников питания. Появилась возможность использования таких функций, как **«антиприлипание электрода»**, **«горячий старт»**, **«регулируемый форсаж дуги»**.

Рассмотрим подробнее вышеуказанные функции:

1. Функция «антиприлипание электрода» предназначена для исключения «примерзания» («прилипания») электрода к изделию. При коротком замыкании (более 0,8 с) происходит уменьшение силы сварочного тока.

2. Функция «горячий старт» позволяет легко осуществлять вторичный поджиг дуги. В начале сварки происходит кратковременное увеличение силы сварочного тока, что обеспечивает надежное зажигание.

3. Функция «регулируемый форсаж дуги» предназначена для повышения устойчивости сварочной дуги и оптимизации пере-



носа капле металла. Осуществляется повышением силы сварочного тока при уменьшении длины дуги и при коротком замыкании.

Сварка с помощью инверторных выпрямителей с такими функциями значительно облегчает работу сварщика, качество сварных швов повышается, сварщики даже при относительно невысокой квалификации достигают хороших результатов.

Высококачественные инверторные (цифровые) выпрямители для ручной дуговой сварки покрытым электродом предлагает фирма SHTORM-LORCH (Германия), которая занимается разработкой и производством источников питания для сварки. Серия **Handy** предназначена для ручной дуговой сварки покрытыми электродами с любым типом покрытия, для сварки неплавящимся электродом с контактным поджигом дуги. Оборудование отличается малой массой, небольшими размерами, простотой в управлении, низкой чувствительностью к перепадам напряжения сети, что позволяет работать с длинными сетевыми проводами и в сетях с нестабильным напряжением. Аппараты данной серии незаменимы в строительстве, при монтаже и ремонтных работах. Возможность с помощью этого же источника выполнять сварку неплавящимся электродом делает его универсальным.

Серия Handy выполнена в усиленном корпусе, что защищает аппарат от поломок при падении с высоты до 80 см. Надежность



**Технические характеристики:**

Сила сварочного тока, А	5–160
Напряжение питающей сети, В	220 (-15%; +15%)
Сила сварочного тока при ПВ=100%, А	135
Максимальная потребляемая мощность, кВА	5,3
cosφ	0,99
Диаметр электрода, мм	1,5–4
Габаритные размеры, мм	337×130×211
Масса с сетевым кабелем, кг	5,45

источников питания проверена временем, производитель дает гарантию на аппараты 3 года. В последнее время аппараты серии Handy пользуются большой популярностью в России, и это легко объяснить: при сравнительно высокой стоимости Handy быстро окупает себя благодаря безотказности работы, высоким сварочным свойствам, удобству в использовании.

Аппараты серии Handy успешно прошли процедуру аттестации НАКС. Аттестованные аппараты Handy 160 всегда есть в наличии на российском складе компании.

С интересующими Вас вопросами можно обратиться к нашим специалистам. Их квалифицированная консультация поможет выбрать сварочный аппарат. ● #593

Публикуется на правах рекламы.



**ООО «ШТОРМ»**  
 г. Верхняя Пышма, Свердловская обл.,  
 ул. Бажова, 28  
 тел./факс: +7 (343) 284-00-50, 379-29-75  
 ekb@storm-its.ru  
 www.shtorm-its.ru



## Содержание журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша). №1–2012

### Конференции, семинары, выставки

#### Исследования

**J. Niagaj.** Пути повышения эффективности сварки нержавеющей стали

**J. Dworak.** Влияние формы импульса лазерного луча на процесс сварки импульсным YAG лазером

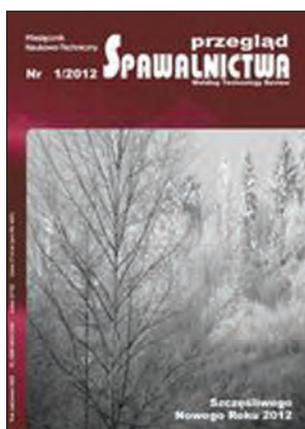
**Z. Szefer, T. Janik.** Разрушение конструкции перекрытия в свете требований качества сварки

**A. Sawicki.** Модифицированная модель Habedank и гибридной TWV дуги с переменной длиной для моделирования процессов в электрических установках

**R. Krawczyk.** Анализ эксплуатационной прочности разъемного соединения в конструкции колес специальных тележек

### Новые книги

#### Новое сварочное оборудование и материалы



## Содержание журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша). №1–2012

**P.Zbroja, A.Ziewiec, E.Tasak.** Склонность к образованию горячих трещин аустенитной стали Super 304H, работающей в условиях повышенной температуры

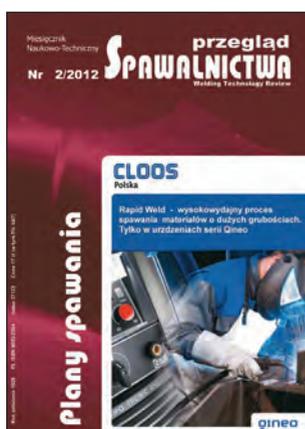
**K.Pancikiewicz, S. Kwiecien, E.Tasak.** Свойства сварных соединений из стали 7CrMoVTiB 10-10(T24) после термической обработки

**A.V.Murphy.** Влияние паров металла на дуговую сварку. Часть 1

### Новости техники

**J.Kozlowski.** Сертификация производственного контроля продукции в соответствии с EN 1090-1

### Конференции



## Содержание журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша). №2–2012

**J.Stania, S.Chomiuk, R.Dadak.** План сварки дополнительной конструкции — траверсы

**J.Stania, H.Marcinkiewicz, M.Kielbik.** План сварки элементов шахтной крепи

**J.Stania, H.Fryc.** Сварка железнодорожных вагонов — план работы

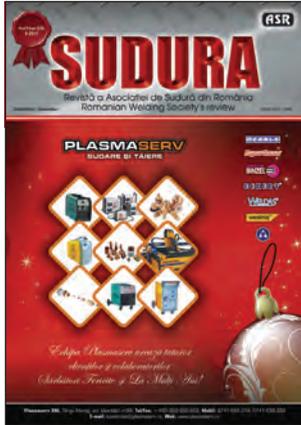
**J.Stania.** Сварка стальных элементов пешеходных переходов

**G.Rogalski, D.Fedrych.** Аттестация технологии сварки в соответствии со стандартом PN-EN ISO 15614-8 на примере сварки пластин в теплообменниках

**J.Stania.** Устранение сварочных дефектов

**K. Poch.** Оценка эффективности магнитопорошкового метода контроля

**T.Pfeifer, A.Kiszka.** Сварка автомобильной стали с использованием метода MAG со сменой полярности (AC Pulse)



**Содержание журнала «Sudura» (Румыния). №4–2011**

**Исследование — разработка**

Использование уравнения Адамса для определения теплопоглощения при сварке нержавеющей стали 316. **S.Cvetkovski, P. Krjalainen**

**Практика сварки**

Водные реактивные испытания. Пример применения при строительстве турбин. **W. Storch, I. Jokiel, G. Gnirb, Z. Rafajlovic, H. Schumacher**



**Содержание журнала «Varilna Tehnika» (Словения). №4–2011**

**Новости**

**Школа сварки**

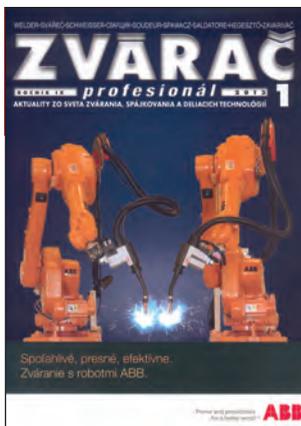
**Практика сварки**

**Исследования**

**D.Zuljan.** Формальные и неформальные методы обучения в Институте сварки

**Z.Bergant, J.Grum.** Ремонт поверхности стального инструмента наплавкой NiCoMo-порошка

**K.Gotlih, T.Vuherer, D.Kovac, S.Brezovnik.** Влияние скорости анизотропии роботов на технологию сварки вблизи границ рабочего пространства



**Содержание журнала «Zvarac» (Словакия). №1–2012**

**J.Bruncko, M.Michalka, F. Uherek.** Гибридная сварка — эффективное сочетание лазерной и дуговой сварки

**G.Martancikova, B.Martancik, M.Maronek.** Оценка эффективности использования сварочного тренажера при обучении сварщиков

**P.Sevcik, V.Zunanska, D.Duricek.** Свойства сварного соединения двух высокопрочных сталей различной толщины, выполненного с помощью лазера

**V.Zunanska, D.Duricek, P.Sevcik.** Технологические свойства стали, используемой для сварных заготовок в автомобильной промышленности

**Ю.С. Коробов, В.И. Шумяков, А.С. Прядко.** Рациональный подход к восстановлению деталей оборудования газотермическим напылением

# XV международная выставка «Сварка-2012»

*Раз в два года ЗАО «ЭкспоФорум» организует одну из крупнейших промышленных выставок России, СНГ и стран Балтии в области сварки, резки и родственных технологий «Сварка/Welding». В этом году она прошла с 15 по 18 мая 2012 г. в выставочном центре «Ленэкспо».*

За многолетнюю историю существования выставка стала площадкой для обмена опытом, передачи знаний, улучшения взаимопонимания между специалистами. С каждым годом проект становится все более успешным, а количество участников и посетителей растет. Так, в 2012 г. площадь выставки увеличилась на 10,6%, а количество участников составило 4 тыс. специалистов (на 6,5% больше, чем в 2010 г.).

В выставке «Сварка 2012» приняли участие российские и мировые лидеры в производстве сварочного оборудования и материалов, были организованы национальные стенды Германии и Китая.

На церемонии официального открытия выставки заместитель генерального консула Германии в Санкт-Петербурге Фердинанд фон Вейе отметил, что присутствие немецких производителей на российском сварочном рынке имеет большое значение. С ним согласился исполнительный директор Союза сварщиков Германии доктор Клаус Миддельдорф: «Для Германии Россия — одна из приоритетных экспортных территорий». А вице-президент выставочной компании Messe Essen Клаус Райх выразил надежду на дальнейшее долгосрочное сотрудничество с ЗАО «ЭкспоФорум».

Исполнительный директор ЗАО «ЭкспоФорум», генеральный директор ОАО «Ленэкспо» Сергей Воронков поблагодарил партнеров по организации выставки: Альянс сварщиков Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона, Messe Essen GmbH, Союз сварщиков Германии (DVS) и промышленные компании за плодотворное сотрудничество и выразил надежду на совместную работу по подготовке сварочных выставок в будущем.

Экспозиция этого года представила такие тематические направления, как автоматизация и робо-



тизация технологических процессов, энергосберегающие технологии сварочных и термических производств, подготовка кадров и инновации в обучении.

В выставке приняли участие более 170 компаний из 13 стран мира (Россия, Австрия, Белоруссия, Венгрия, Германия, Украина, Финляндия, Франция, Италия, Китай, США, Чехия, Швейцария).

Они представили современные технологии и инновационные решения для металлообработки, сварки, резки и наплавки в основных отраслях промышленности. Зарубежные участники составили более 25% от общего числа экспонентов.

В выставке участвовали такие известные научно-исследовательские центры, как Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины и ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», стенды которых, как всегда, привлекали повышенный интерес специалистов и посетителей.

Одним из ключевых стендов выставки стала коллективная экспозиция 13 немецких компаний, организованная компанией Messe Essen совместно с Союзом сварщиков Германии (DVS) и при поддержке Федерального Министерства экономики Германии и Выставочного комитета немецкой экономики AUMA. Среди представленных компаний были такие лидеры мирового рынка сварочной техники, как Karl Cloos Schweisstechnik GmbH, Kjellberg Finsterwalde Plasma und Mashinen GmbH и DWT Babcock GmbH.

При содействии и организации Китайского машиностроительного общества (CMES) в выставке приняли участие 14 компаний из Китая в рамках коллективного национального стенда. Среди них производители сварочного оборудования, материалов, принадлежностей и средств защиты сварщиков: Hangzhou Kaierta Electric Welding Machine Co., Ltd, Changzhou Golden Globe Welding And Cutting Equipment Co., Ltd, Shanghai Zhengte Welding Equipments & Consumables Manufacture Co., Ltd, Wuxi Yincheng Science & Technology Co., Ltd, TECMEN Electronics и другие.

По словам директора по продажам компании Ningbo Jinfeng Welding and Cutting Machinery Тины Лиу, их фирма является постоянным участником специализированных московских выставок. В этом году руководство приняло решение о выходе на петербургский рынок. Представленное фирмой оборудование для плазменной резки привлекло внимание потенциальных партнеров и позволило заключить предварительные договоренности о сотрудничестве с рядом компаний.

За годы проведения выставки постоянными партнерами и участниками стали российские компании: Научно-производственная фирма «Инженерный и технологический сервис», «Региональный Северо-Западный межотраслевой аттестационный центр НАКС» «Рязанский приборный завод», «Актив», «ПТК» и др.

Соорганизатор выставки ИТЦ «Альянс сварщиков Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона» представил сварочное оборудование и материалы 25 компаний — членов Альянса. Среди них: «Лосиноостровский электродный завод», ЗАО «СовПлим», ООО «Технологический центр «Техносвар», «Линкольн Электрик Россия и СНГ», ТД «Межгосметиз», ООО «ЕвроЛюкс Групп» и другие.



Компания «ЕвроЛюкс Групп» приняла участие в выставке впервые. «Нам удалось достигнуть главной цели — заявить о себе», — отметил эксперт по маркетингу ООО «ЕвроЛюкс Групп» Илья Григанский. Стенд, на котором компания представила систему самоочистки Filter MasterXL, привлек внимание не только потенциальных партнеров, но и конкурентов. Кроме того, представители «ЕвроЛюкс Групп» с интересом участвовали в заседании Клуба главных сварщиков Санкт-Петербурга, организованном на стенде Альянса сварщиков.

В заседании Клуба главных сварщиков участвовали специалисты ведущих предприятий отрасли: ОАО «ПО «Севмаш», ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО «Электросила», ОАО «Газпром», ООО «Техносвар К.С.», ООО «Торговый дом ЛЭЗ», ООО «Эр Ликид», ООО «Консар СПб» и многие другие.

Деловая часть выставки «Сварка-2012», организованная ЗАО «ЭкспоФорум» совместно с Альянсом сварщиков Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона, предоставила участникам широчайшие возможности для укрепления бизнес-контактов, обсуждения важнейших тенденций отрасли и повышения квалификации специалистов. На презентации инновационных проектов, подготовленной Альянсом, были представлены интерактивные программы и тренажеры для обучения сварщиков, а также современные средства защиты.





Центральным мероприятием деловой программы стало пленарное заседание «Современные проблемы повышения эффективности сварочного производства», посвященное сотрудничеству в сфере промышленной модернизации сварочной отрасли, содействию в области инновационных разработок и внедрению энергоэффективных технологий. Одним из главных спикеров конференции стал д-р техн. наук Зиновий Сидлин. Он рассказал, что объемы выпуска сварочных материалов на постсоветском пространстве по-прежнему определяются показателями российских и украинских предприятий. Основной их объем составляют сварочные электроды: в России их производство в 2011 г. превысило 160 000 т, при этом лидером стал Лосиноостровский электродный завод. Кроме того, в 2011 г. на российский рынок вышли крупнейшие мировые производители сварочных материалов: компания Lincoln Electric, которая приобрела «Торговый дом Межгосметиз» и ООО «Северсталь-метиз сварочные материалы», а также концерн «ЭСАБ», объединившийся с ООО «Сычевский электродный завод». «Благодаря этому эксперты предсказывают не только увеличение объемов производства, но и расширение номенклатуры выпуска. Кроме электродов и проволоки, запланировано производство сварочных флюсов», — отметил он.

Помимо темпов развития сварочной отрасли, на встрече обсудили необходимость развития системы подготовки квалифицированных работников. Участники отметили, что особое внимание должно уделяться популяризации технических профессий среди молодежи. Исполнительный директор Союза сварщиков Германии доктор Клаус Миддельдорф заявил, что Россия и Европа сегодня остро нуждаются в новых подготовленных кадрах: «123 млн. человек задействовано в сварочной отрасли ЕС, а за последний год создано еще около 2 млн. рабочих мест».

На семинаре «Современные достижения и перспективы развития газотермического напыления (ГТН) как технологического процесса» с докладом выступил глава направления газотермического напыления компании Linde AG Питер Хайнрих. По

его словам, при стремительном росте мирового рынка газотермического оборудования (ежегодный рост 10%) оборот международного рынка к 2016 г. составит 10 млрд. евро. Германия является лидером по применению ГТН в производстве. На втором месте — Великобритания и Франция. «Возможно, со временем и Россия войдет в десятку лидеров, использующих ГТН», — выразил надежду П. Хайнрих.



Традиционно одной из важнейших задач выставки «Сварка» является повышение престижа профессии специалиста в области сварки, а также укрепление связей между профессионалами и молодежью. В этом году на выставке состоялся форум VI Молодежный форум сварщиков, организованный Альянсом сварщиков. В его рамках прошли различные мероприятия для молодежи, одним из которых стало подведение итогов конкурса дипломных проектов среди выпускников кафедр сварки вузов Петербурга.

Другим важным событием стало подведение итогов городского конкурса профессионального мастерства «Сварщик», который проводился в апреле на базе Невского политехнического профессионального лицея. Оценивались технические навыки студентов при проведении сварочных процессов двух видов: ручная дуговая сварка и газовая сварка. Победителями стали Екатерина Штауда и Юрий Балтажи. Лауреаты обоих конкурсов получили дипломы и ценные призы. Приглашенный на Молодежный форум исполнительный директор Союза сварщиков Германии доктор Клаус Миддельдорф оценил актуальность мероприятия. Он отметил, что в Германии много студентов из России (15 000 чел.), но из них лишь 10% получают инженерные специальности. «У нас не хватает квалифицированных инженеров по сварке», — сообщил Клаус Миддельдорф и подчеркнул, что немецкие предприятия будут рады молодым талантливым специалистам из России.

Традиционно, в рамках выставки прошло награждение победителей конкурса «Золотая сварка», учрежденная Альянсом сварщиков и организаторами выставки в 2004 г. В этом году победителями конкурса стали компании «Линкольн Электрик Россия и СНГ», ООО «Компания «КОРД», ОАО «Лосиноостровский электродный завод», ООО «ИТЦ «Мир сварки», ООО «ИТС», «Региональный Северо-Западный межотраслевой аттестационный центр НАКС» ООО, ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», «Messe Essen GmbH», Союз сварщиков Германии, DVS, «Инсварком» ООО, компания «Кайэрда», КНР.

● #594

международная специализированная выставка

# СТАНКОСТРОЕНИЕ STANKOSTROENIE



**15-18** октября **2012**  
october

МВЦ Крокус-Экспо

при поддержке Московской Торгово-Промышленной Палаты



## Современное оборудование от ведущих компаний

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

Организатор выставки:  
ООО «Райт Солюшн»



+7 (495) 988-27-68  
+7 (495) 767-35-97

**СТАНОЧНЫЙ ПАРК**

info@stankoexpo.com  
[www.stankoexpo.com](http://www.stankoexpo.com)

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

## 14-я Международная научно-практическая конференция «Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика»

*В Санкт-Петербурге 17–20 апреля 2012 г. состоялась 14-я международная научно-практическая конференция «Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика». Организаторы конференции: научно-производственная фирма «Плазмацентр» и Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.*

Эта традиционная ежегодная конференция проводится с 1997 г. и является самой крупной в России и странах СНГ по данной тематике. Она посвящена промышленным



технологиям, обеспечивающим повышение эффективности производства.

В работе конференции приняли участие 546 человек из различных предприятий и организаций России, Украины, Казахстана, Беларуси, Узбекистана, Эстонии.

Генеральным информационным спонсором конференции выступил журнал «РИТМ». Информационную поддержку мероприятию оказали 51 периодический научно-технический журнал и 6 технических интернет-порталов.

Работа конференции велась по четырем направлениям:

- технологии восстановления первоначальной (заданной) геометрии поверхности и сварки изделий (42 доклада);
- конструкционные и эксплуатационные методы повышения долговечности, обработка поверхности изделий (23 доклада);
- технологии упрочнения и восстановления физико-механических свойств поверхности (75 докладов);
- технологии диагностики, дефектации, мойки, очистки, окраски и консервации изделий (3 доклада).

К открытию конференции был издан сборник докладов.

Во вступительном слове генерального директора научно-производственной фирмы «Плазмацентр» П.А. Тополянского было отмечено, что в России и странах СНГ проводимая в Санкт-Петербурге конференция является наиболее значимой и крупномасштабной. Главное отличие от других научно-технических конференций состоит в том, что на ней присутствуют не только ученые, преподаватели и разработчики технологий упрочнения, нанесения покрытий и ремонта, но и представители промышленности — непосредственные потребители данных технологий из разных регионов России и стран СНГ. Здесь осуществляется прямое общение разработчика и непосредственного потребителя инновационных проектов. Основная цель этой конференции — популяризация технологий, с помо-

щью которых можно создавать надежную и конкурентоспособную продукцию, пропаганда необходимости получения новых знаний, способствующих повышению качества, надежности и долговечности изделий.

Главная особенность данного мероприятия — практическая направленность, возможность нахождения исполнителей для внедрения упрочнения, нанесения покрытий, восстановления и ремонта, демонстрация процессов на конкретных изделиях. Конференция имеет также большое воспитательное значение, так как на ней присутствуют аспиранты и студенты, которые должны убедиться в необходимости и востребованности их знаний на современном этапе развития.

На конференции было заслушано 52 пленарных доклада (аннотации докладов размещены на сайте [www.technoconf.ru](http://www.technoconf.ru)). Каждая организация, представившая доклад, была отмечена дипломом.

На конференции распространялась «Энциклопедия технологий ремонта, восстановления и упрочнения» — компакт-диск всех материалов предшествующих конференций (около 6000 с.). Была проведена презентация книги «Плазменные технологии. Руководство для инженеров». Авторы — Н.А. Соснин, С.А. Ермаков, П.А. Тополянский.

Традиционно для участников конференции было организовано посещение промышленных участков по восстановлению и нанесению функциональных покрытий с использованием технологий газотермического напыления, наплавки и упрочнения. Участникам продемонстрировали в работе новый процесс финишного плазменного упрочнения с нанесением алмазоподобного покрытия, способный за несколько минут обработки многократно повысить стойкость изделий, а также технология плазменной наплавки-напыления. Во время работы конференции производилось упрочнение привезенного участниками инструмента и технологической оснастки, а также нанесение покрытий на представленные образцы и детали промышленных изделий.

В рамках конференции прошли школы-семинары:

- наплавка, напыление, осаждение — выбор технологии, оборудования и материалов;
- упрочнение деталей машин, механизмов и оборудования различных отраслей промышленности;



- ремонт и восстановление деталей промышленного оборудования;
- технологии увеличения стойкости инструмента, штампов холодного деформирования и пресс-форм;
- восстановление и упрочнение литейной оснастки, кузнечно-прессового инструмента и штампов.

При обсуждении участники конференции отметили сложность внедрения передовых современных технологий упрочнения, восстановления и ремонта. Активно высказывались мнения о целесообразности организации региональных центров реновации технических средств, об активизации работ по применению новых наукоемких технологий для ремонта и особенно для упрочнения ответственных деталей и инструмента. Было отмечено широкое применение плазменных, лазерных, ультразвуковых и других высокоэффективных процессов для продления ресурса работы деталей, инструмента и технологической оснастки. Все шире для упрочнения различных изделий применяются нанотехнологии. Активно проводятся совместные работы ученых и практиков различных стран СНГ. Международные конференции подобного формата способствуют развитию практически всех секторов экономики как России, так и других стран.

Ежегодная конференция, посвященная технологиям упрочнения, нанесения покрытий, восстановления и ремонта, в Санкт-Петербурге способствует интеграции науки и производства, модернизации промышленности, развитию инновационного потенциала страны и активизации инженерной деятельности.

Подробнее с материалами конференции можно ознакомиться на сайте [www.technoconf.ru](http://www.technoconf.ru).

● #596

# Самые прогрессивные сварочные технологии на выставке «Weldex/Россварка 2012» в Москве

weldex  
РОССВАРКА

С 23 по 26 октября 2012 г. в Москве пройдет 12-я международная специализированная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий. Более 200 участников из 15 стран мира представят передовые сварочные технологии, новинки материалов и оборудования для сварки, резки, пайки и наплавки.

О предстоящем событии рассказывает директор выставки Наталья Медведева.

— Какова динамика количества участников выставки?

— В 11-й Международной специализированной выставке сварочных материалов, оборудования и технологий «Weldex/Россварка 2011» приняли участие 190 компаний из 12 стран мира, выставку посетили более 4500 специалистов, выставочные площади составили свыше 8000 кв.м. Это был лучший результат после кризиса 2008 г. По динамике продаж этого года мы выйдем на увеличение количества участников на 7-9%. Предварительный список участников выставки еженедельно обновляется на сайте [www.weldex.ru](http://www.weldex.ru). Сейчас в списке такие постоянные участники выставки, как «ЭСАБ», «Газстройсервис», «Мессер Эвтектик Кастолин», «Линкольн Электрик», «Линде Газ Рус», «ИТС», «Внештехконтракт», «Вебер Комеханикс» и многие другие. Отрадно, что заявки подают и новые компании. Мы рады приветствовать дебютантов: «АБП Групп», «Венегас», «Термакат», «ТОС», «АСОиК», «Астрон», «Хеганес Восточная Европа», «Hyundai Welding Co LTD», «Евролюкс».

— Какая научно-техническая и деловая программа запланирована на выставке Weldex 2012?

— На выставке Weldex 2012 в партнерстве с РОНКТД впервые пройдет круглый стол по неразрушающему контролю и технической диагностике. Московская межотраслевая ассоциация главных сварщиков проведет выездное заседание, на котором будут представлены новая линейка инверторных



аппаратов MIG/MAG компании «Эсаб», технологии сварки методом TIG в узкощелевую разделку компаний «Fronius» и «EWM» и высококачественной сварки методом MIG/MAG по стыкам большой величины на оборудовании компании «Кемпри».

— Конкурс «Мисс Сварка России» полюбился посетителям выставки и ее участникам. Будет ли он в конкурсной программе в этом году?

— Конкурс «Мисс Сварка России» обязательно будет в программе выставки. 25 октября 2012 г. будет выбрана «Мисс Сварка России 2012». Девушки уже присылают заявки. Если кто-то из читательниц журнала захочет принять участие в конкурсе, может направить заявку в оргкомитет Ю.К. Подкопаева по e-mail: [elsvar@elektrostal.ru](mailto:elsvar@elektrostal.ru).

— Что бы Вы могли пожелать участникам и посетителям выставки «Weldex/Россварка 2012»?

— За 12 лет выставка уже зарекомендовала себя как проект высокого уровня, поэтому можно уверенно говорить о ее успехе и в 2012 г. От своего имени хотелось бы пожелать всем участникам и посетителям выставки занимать активную жизненную позицию, быть энтузиастами своего дела, успехов и здоровья.

● #595



# weldex

## РОССВАРКА

12-я Международная специализированная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий

23 – 26 октября 2012 года  
Москва, КВЦ «Сокольники»

+7 (495) 935 81 00

более 200 компаний из 15 стран мира!



промышленная выставка мирового уровня!

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

подайте заявку на участие на сайте [www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

Организатор:



При поддержке:

Министерства Промышленности и Торговли РФ  
Правительства Московской области  
Московской Межотраслевой Ассоциации Главных Сварщиков

Под патронатом:

Торгово-промышленной палаты РФ  
Правительства Москвы  
Московской Торгово-Промышленной палаты

Генеральный  
информационный  
партнер:



При содействии:



# Трудный путь легкого металла в ракетостроение

## Электронно-лучевая сварка

А.Н. Корниенко

*В течение 1950-70-х годов способы сварки, основанные на дуговых процессах, заняли лидирующее положение в производстве ракетно-космической техники. Однако продолжался процесс улучшения эксплуатационных качеств алюминиевых сплавов. В основном повышение прочности достигалось нагартровкой и термической обработкой, поэтому задача сужения зоны термического влияния оставалась актуальной. На пути эволюции сварки плавлением появляется более концентрированный источник энергии — электронный луч, который по своей удельной энергетической мощности превосходит дуговые процессы, а выполнение сварки в вакууме позволяет сохранить исходную чистоту свариваемого металла.*

Перед создателями ракетно-космических аппаратов, судов и других транспортных средств всегда стоит задача уменьшения массы конструкции и увеличения ее прочности. Устранить это противоречие можно, используя новые материалы с более высокой удельной прочностью.

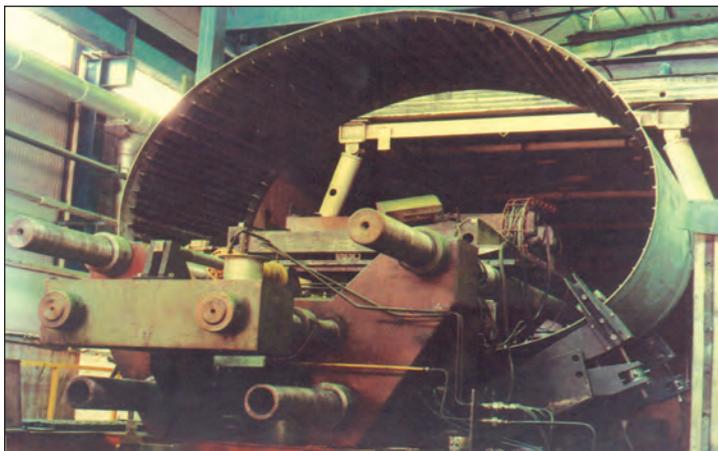
В ВИАМ, НИАТ, ВИЛС, ИЭС им. Е.О. Патона и ряде других организаций разрабатывались новые высокопрочные алюминиевые сплавы систем легирования Al-Zn-Mg и Al-Cu-Mn: 1915, Д20, Д21, 1201. Важным фактором повышения прочности стало применение нового класса алюминиевых сплавов с цирконием, скандием, литием: термически неупрочняемых сплавов типа 1515, 1523, 1570 (Al-Mg-Sc) с высокими показателями прочности, коррозионной стойкости и термически упрочняемых типа

1970, 1975 (Al-Zn-Mg-Sc) и 1421, 1423 (Vg-Li-Sc). Одновременно И.Н.Фридляндер, Д.М.Рабкин, А.В.Лозовская и другие решали проблемы их свариваемости. Однако, как правило, с добавкой в сплав компонентов, повышающих прочность, жаро- и/или криогеностойкость, свариваемость ухудшалась. Максимальное уменьшение зоны термического влияния было необходимо как для сохранения эксплуатационных характеристик термически упрочненных алюминиевых сплавов, так и для уменьшения напряжений и деформаций сварных конструкций. Понятно, что при отклонении от проектной геометрии конструкции точность попадания ракеты в цель не гарантируется.

Технологии, основанные на дуговых процессах, еще продолжали совершенствоваться (см. «Сварщик» №5 и 6, 2011), но сварщики уже понимали, что электронно-лучевые процессы перспективнее. Создание электронно-лучевой сварки (ЭЛС) началось с нуля, когда уже было налажено производство ракет-носителей первых поколений.

Период от открытия электронного луча английским физиком У.Р.Гроувом в 1852 г. до момента его использования для сварки металлов растянулся на сотню лет. В 1957 г. во Франции (Д.А. Стор), а в следующем году в США (В.Л. Вимен) и Германии (К.Х. Штейгервальд) занялись разработкой ЭЛС. В СССР разворачивались такие же исследования, в первую очередь, с целью использования вакуума для обеспечения «чистых условий» в зоне сварки. В 1957 г. в Московском энергетическом институте (МЭИ) Н.А.Ольшанским и Н.Г.Сушкиным были получены первые швы. В 1958 г. в ИЭС им. Е.О.Патона положительных результатов добились Б.А.Мовчан, Д.М.Рабкин, С.М.Гуревич и С.Д.Загребенюк. Исследовали характеристики электронных лучей, определяли возможность формирования мощных лучей и прецизионной сварки остросфокусированными лучами (Г.С.Крыштаб, О.К.Назаренко, В.Е.Локшин и др), изучали особенности работы высоковольтных источников

Пояс топливного бака ракеты диаметром 4 м и длиной 2,5 м со стрингерами, сваренными электронным лучом в камере КЛ 113



питания, систем стабилизации режима сварки и управление лучом (В.Д.Шелягин, Ю.М.Ланкин и др.).

Создание ЭЛС продвигалось быстрыми темпами. Одним из основных заказчиков новых высоких технологий были ракетчики. Соответствующее Постановление Совета Министров СССР №1210 вышло 7.12.1963 г., а уже 27.02.1964 г. директор ИЭС поручил «разработать крупногабаритную аппаратуру с выводом электронного пучка в атмосферу в соответствии с техзаданием п/я1000 и п/я186» (С.П.Королев и М.К.Янгель). Создавать новые производственные технологии Б.Е.Патон поручил О.К.Назаренко, а оборудование — конструкторскому отделу А.И. Некрасова.

Реализация уникальных технологических возможностей ЭЛС зависела от «обеспечения» вакуумом (около  $10^{-4}$  мм рт. ст.). Однако в начале 1960-х годов в стране не было камер с объемом, достаточным для размещения крупногабаритных конструкций. В МЭИ, НИИ-48 и ряде других организаций занимались «созданием» вакуума в локальном объеме, разрабатывались соответствующие пушки. В ИЭС им. Е.О. Патона решение этих проблем форсировал Борис Евгеньевич, регулярно рассматривая их на совещаниях.

Устройства, обеспечивающие локальное и мобильное вакуумирование, установки с автоматическим регулированием режима были сконструированы, был изучен механизм проплавления металла, гидродинамические и некоторые другие явления в сварочной ванне (Б.С.Касаткин, Г.И.Лесков, О.К.Назаренко, и др.). Но с разработкой технологии ЭЛС алюминиевых сплавов возникли особые проблемы. Сравнительно низкая температура испарения компонентов сплавов обуславливала быструю «порчу» вакуума, нарушение параметров режима и нестабильную работу энергетического комплекса. И чем толще были свариваемые заготовки, тем выше была энергия луча и тем интенсивнее было испарение и значительнее перепады вакуума в зоне сварки. В США специалисты, столкнувшись с этой же проблемой, сомневались в возможности «обойти природу» и готовы были отказаться от внедрения ЭЛС в ракетостроение. Б.Е. Патон к изучению процессов парообразования подключил технологические отделы. К разработке технологии ЭЛС алюминиевых сплавов подключили А.А.Бондарева.

А.А.Бондарев исследовал процессы взаимодействия электронных лучей с металлом, измерил термические циклы на всех стадиях образования сварного соединения и давление потоков электронов на поверхность изделия, определил природу дефектов, обобщил в диссертациях — первых в СССР по данной проблеме. На основании этих и других исследований создавалось сварочное оборудование и разрабатывались технологические процессы, позволившие решить многие сложные задачи современной техники.

Способ ЭЛС с локальным вакуумированием был впервые реализован при изготовлении обечаек, в том числе вафельных, баков ракет большого диаметра с длинными стыковыми соединениями и крупногабаритных поковок из сплава 1201 на заводе «Прогресс» и других заводах отрасли, а также толстолистовых полотнищ заготовок алюминиевых цистерн взамен дуговой сварки. При ЭЛС степень разупрочнения основного металла и ширина ЗТВ значительно меньше, а прочность соединений на 10–15% выше, чем при дуговых способах; структура металла шва и в зоне сплавления мелкокристаллическая. Технология обеспечивает минимальные сварочные деформации (не более 0,03 мм при диаметре до 100мм), возможность сварки конструкций при отсутствии доступа к обратной стороне стыка и др. Незначительный (не выше 60°C) разогрев расположенных внутри оболочки монтажных элементов и микросхем допускает герметизацию микросхем высокоточных приборов с одновременным вакуумированием, расположение гермовводов на расстоянии до 2 мм от сварного шва. Несмотря на сложное оборудование, ЭЛС начала вытеснять дуговые технологии сварки ответственных и сложных конструкций: цилиндрических и конических оболочек от 300 до 8000 мм, топливных систем, криогенных емкостей и других элементов ракетно-космических аппаратов из алюминиевых и магниевых сплавов.

14–15 октября 1971 г. на конференции по ЭЛС в докладе «Современное состояние и задачи электронно-лучевой сварки» академик Б.Е.Патон отметил, что «состояние этого способа сварки в нашей стране характеризуется серьезными достижениями в изучении электронно-лучевого процесса и свойств соединений широкого круга материалов. Накоплен богатый опыт в разработке и совершенствовании технологии и оборудования...». В 1970-х годах было введено в эксплуатацию около 200 установок для ЭЛС ответственных изделий.

ЭЛС была применена и для не совсем обычного дела — для производства полуфабрикатов тонкостенных алюминиевых панелей с ребрами жесткости. Эти панели — стенки топливных баков обычно изготавливали горячим прессованием, но только из высокопластичных сплавов и при определенных соотношениях размеров листов и ребер. Но выпрессовать полотнища с ребрами необходимых размеров из высокопрочных сплавов не удавалось, поэтому для уменьшения массы значительную часть металла фрезеровали или вытраивали из толстых листов, оставляя квадратные полости, и в результате панель выглядела как вафля. Б.Е. Патон не мог не вмешаться и предложил неординарное применение ЭЛС — ребра приваривать к сравнительно тонким листам, при этом для исключения деформаций конструкцию растягивать.



Б.Е.Патон  
знакомит  
М.С.Горбаче-  
ва, В.В.Щер-  
бицкого и  
В.С.Шевчен-  
ко с техно-  
логией  
изготовления  
реберных  
панелей

Были разработаны технологии приварки ребер одним, двумя угловыми швами, про-резным швом (Л.М.Лобанов, О.К.Назарен-ко, А.А.Бондарев). Применение оребренных панелей из новых алюминиевых сплавов и ЭЛС баков из них не только удешевило производство, но и позволило улучшить тактико-технические данные ракетных комплексов. Так, боевые возможности Р-36М2 («Воевода») с межконтинентальной баллистической ракетой 15А18М (РС-20В; SS-18) с 10 боеголовками (ведущий конструктор КБЮ С.И.Ус), каждая мощностью, эквивалентной полмегатонны, в 1989 г. значительно превосходили боевые качества ее первых образцов и до настоящего времени не превзойдены (см. «Сварщик» №11, 2011).



Ракета-  
носитель  
«Протон»

А.А. Бондаревым, Е.Г. Терновым и дру-гими комплекс прогрессивных сварочных технологий был внедрен в производство тяжелой ракеты-носителя «Протон» В.Н. Че-ломея (завод им. М.В. Хруничева), ракет морского базирования на Красноярском маш-заводе, крылатых ракет на заводе «Стрела» в Оренбурге, днепрпетровских ракет «Кос-мос», «Циклон», «Зенит», «Днепр» и других ракет, стоящих на боевом дежурстве или успешно используемых для запуска косми-ческих аппаратов в интересах науки, обороны или народного хозяйства. Кроме баков, сва-ривают корпуса электровакуумных прибо-ров, гироскопов, а также толстостенных (40 мм) алюминиевых оболочек термоядер-ных бомб в НИИ-101 в Челябинске-70.

Иная судьба постигла ракетный косми-ческий комплекс 11А52 (Н1-Л3, SL-15) для полета на Луну. К созданию самого сложного комплекса С.П. Королев приступил в 1961 г. и выбрал неудачный проект. Одна из ошибок — это огромные нетранспортабель-ные блоки трехступенчатой ракеты-носителя Н-1 диаметром 9 м. Пришлось строить завод на космодроме (Байконур), однако контрольно-испытательные работы про-водились только на стартовом оборудовании. Что касается баков, то они были из сплава АМг6, сваривались дуговыми способами (с участием бригады Б.А. Стебловского). В 1969 г. начались пробные запуски, все за-кончившиеся мощными взрывами. 24 ноя-бря 1972 г. после четвертой аварии работы были прекращены. «Лунная гонка» завер-шилась поражением Советского Союза. Среди множества причин катастроф (от ор-ганизационных до мистических) указывался и чрезмерный стартовый вес — 2820 т, значи-тельно превышающий вес «Сатурна-5», ко-торый вывел американцев на Луну. Длина комплекса также была рекордной — 90 м. Впрочем, сварочные технологии здесь были ни при чем. Генеральный конструктор ракет-но-космических комплексов НПО «Энер-гия» (бывшее КБ-1 С.П. Королева) Ю.П. Се-менов пишет: «Борис Евгеньевич сделал большой вклад в создание ракеты Н-1 (для освоения Луны) по сварке огромных емко-стей из алюминия. Очень много сделал и для кораблей «Союз» и «Прогресс». Наши лич-ные творческие взаимоотношения, несмотря на распад СССР, продолжают. Готовятся новые поколения аппаратов, где реализуют-ся ракетно-космические технологии».

В 1976 г. началась разработка косми-ческого комплекса «Энергия — Буран». Для



Лунный ракетный комплекс Н1-Л3 на космодроме

изготовления конструкций орбитального корабля многоразового использования «Буран» из различных материалов, в том числе из различных алюминиевых сплавов (кабины из конических обечаек и днищ, силовые элементы из штамповок и поковок и др.) пригодились почти все способы сварки. Ракета-носитель «Энергия» состоит из 4 блоков первой ступени (диаметром 3,9 м и длиной 40 м каждый) и одного блока второй ступени диаметром 7,8 м и длиной около 60 м. Первая ступень разрабатывалась в КБЮ, вторая — в ОКБ-1 (В.П. Глушко), и, как отмечается в учебнике по технологии ракетостроения, «...найскладнішою задачею була розробка нової модифікації алюмінієвого сплаву, здатного витримувати колосальні навантаження, що виникають при польоті ракети, а також розробку паливних посудин небачених до цього габаритів». «Энергия» до сих пор является самым мощным в мире космическим транспортным средством (стартовая масса 2400 т). Вспоминает главный конструктор комплекса Б.И. Губанов:



Иранская ракета Shihab-3 на основе P-17 Scud ОКБ-1

«Утром 12 мая 1987 г. на стэнд-старт «Энергии» приехал Михаил Горбачев. Выйдя из автобуса и поздоровавшись с встречавшими, он сказал, обращаясь ко мне: «Политбюро не позволит пуск этой ракеты». Тем не менее, успешный пуск, состоявшийся 15 мая, подтвердил высокую надежность комплекса. Эпопея «Энергии» — «Бурана» завершилась 15 ноября 1988 г. вторым стартом и триумфальной посадкой орбитального корабля в автоматическом режиме. (Впрочем, в США подсчитали, что челноки запускать невыгодно и оставшийся после катастроф комплект отправили в музей, а американские астронавты добираются на МКС на королёвских Р-7 — «Союз»).

С конца XX века основные усилия были направлены на освоение мощнейших (свыше 100 кВт) острогофокусированных пучков электронов, совершенствование технологии ЭЛС толстолистового материала из высокопрочных сплавов (Л.М.Лобанов, А.А.Бондарев, А.В.Лозовская, В.А.Пивторак и др.). Вершиной развития ЭЛС в ИЭС им. Е.О.Патона (О.К.Назаренко и др.) можно считать универсальные установки типа КЛ-113 с контролем за процессом сварки и самодиагностикой, с огромными камерами, в которых размещаются узлы баков и другие крупные конструкции.

Следует отметить, что в разработке и освоении новых технологий совместно с ИЭС участвовали сварочные отделы и лаборатории многих КБ и ракетных предприятий, среди которых ведущие позиции в отрасли занимали НПО «Энергия» с заводом «Прогресс» (В.А.Казаков, В.Н.Крюковский, Г.Л.Зубриенко, Ф.З.Тененбаум и др.) и Днепропетровский комплекс (М.А.Ахметшин, Н.Г.Воронов, О.С.Кузьменок, В.В.Бородин, Б.П.Ржанов и др.). Коллективные наработки — высокие технологии и современное оборудование — использованы в ракетостроении Китая, Северной Кореи, Ирана, Индии. Так, только ИЭС внедрил в Украине и за рубежом более 600 комплектов мощных электронно-лучевых установок, в том числе продал за рубеж 16 установок КЛ-113.

С 1960-х годов БРК начинают использовать для научных целей, связи, телевидения, навигации, геологии, физических исследований и в других сферах деятельности. На базе 8К65 было изготовлено около тысячи РН серии «Космос». На основе 8К69 созданы двух- и трехступенчатые варианты РН «Циклон». Десятки МБР 15А18 (РС-20), которые по договору между Россией и США должны были быть уничтожены, успели переделать на предприятии «Дніпро». Следует подчеркнуть, что все эти РН признаны самыми надежными в мире.

● #597

# 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: **119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19, «Сварщик в России».**

517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528  
529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540  
541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552  
553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564  
565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576  
577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588  
589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600

Ф. И. О. \_\_\_\_\_  
Должность \_\_\_\_\_  
Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Подробный почтовый адрес: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.  
\_\_\_\_\_

## 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 на 2012 г.

### На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 полоса	210×295	20000
1/2 полосы	180×125	10000
1/4 полосы	88×125	5000

### На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	45000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	30000
2		28000
7		26000

### На страницах внутренней обложки

Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
3, 1 полоса	210×295	25000
4, 1 полоса	210×295	23000
3 и 4, 1/2 полосы	180×125	12000
5 и 6, 1 полоса	210×295	22000
5 и 6, 1/2 полосы	180×125	11000

### Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

### Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 7500 руб.

### Прогрессивная система скидок

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

Тарифы на рекламу универсальные для журналов «Сварщик в России» и «Сварщик» (Украина). При размещении рекламно-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется 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:** CD-ROM, или DVD, или флэш-диск.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в № 6 — до 15.11).

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**  
тел./ф.: +380 44 **287-66-02**, +380 50 413-98-86 (моб.)  
e-mail: welder.kiev@gmail.com  
www.welder.kiev.ua, www.welder.msk.ru

Заполняется печатными буквами



# ЧАО «Спецсплав»

Украина, г. Днепропетровск, ул. Курсантская, 1д  
тел.: (0562)-35-50-25, факс: (056)-374-19-12  
e-mail: spetssplav@mail.ru, www.spetssplav.dp.ua

- Разработка, производство, внедрение сварочных и наплавочных материалов, а также технологий их применения:
  - флюсы для сварки и электрошлакового переплава;
  - проволоки порошковые для сварки, наплавки и металлизации;
  - ленты порошковые наплавочные;
  - сплавы, в том числе порошковые для наплавки, легирования, раскисления и модифицирования.
- Оказание услуг по выполнению наплавочных и других ремонтно-восстановительных работ деталей горно-металлургического, энергетического и машиностроительного оборудования.
- Наплавка специализированными материалами и механическая обработка прокатных валков и других тел вращения массой до 50 тонн.
- Разработка и изготовление специализированного оборудования для механизированной дуговой наплавки.