



# СпецЭлектрод

*Искусство объединять...*

## **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)





# 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.

1 (35) 2012

январь – февраль

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

информационно-технический журнал

# Сварщик®

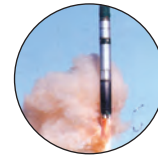
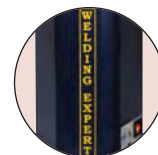
Технологии  
Производство  
Сервис

## В России

# 1–2012

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Новости техники и технологий</b> .....	6
<b>Технологии и оборудование</b>	
Тенденции развития технологий сварочного производства. <i>Г.И.Лашенко</i> .....	8
Плазменное напыление термобарьерных покрытий на стенки реактора пиролиза. <i>С.В. Петров, Д.И. Рубец</i> .....	14
Применение контактной сварки для изготовления объекта энергетического машиностроения. <i>Б.В. Федотов, В.В. Михайлов, В.В. Шаратов, М.С. Золотогоров, И.Н. Егоров</i> .....	18
Наплавка меди и медных сплавов на сталь. <i>М. У. Булдыжова</i> .....	20
Оценка внутренних дефектов в стыковых сварных соединениях сосудов. <i>В.М. Долинский, В.Н. Стогний, В.И. Черемская</i> .....	23
Установки УД681 и УД683 для автоматической дуговой наплавки круговых уплотнительных поверхностей в отверстиях трубопроводной арматуры. <i>В.С.Романюк, А.В. Семенов, В.А. Ткаченко, А.К. Полищук, Т.Н. Пирумова</i> .....	26
Порошковая проволока для наплавки деталей из марганцовистых сталей. <i>П.А.Косенко, Н.А.Соловей, Л.И.Чепурко, Ю.Н.Коваленко</i> .....	28
Производство электродов в ПАО «ПлазмаТек». <i>В.П. Слободянюк, Н.В. Скорина</i> .....	30
Дуговая и электрошлаковая наплавка валков прокатных станов. <i>И.А. Кондратьев, И.А. Рябцев, Ю.М. Кусков</i> .....	35
Восстановление чугунных валков стана 2000 в токоподводящем кристаллизаторе. <i>Ю.М. Кусков, И.А. Рябцев, И.С. Сарычев</i> .....	38
Восстановление деталей конусной дробилки дуговой наплавкой. <i>И.А. Рябцев, Ю.М. Кусков, Я.П. Черняк, А.И. Поддубский</i> .....	40
<b>Наши консультации</b> .....	44
<b>Зарубежные коллеги</b> .....	46
<b>Выставки и конференции</b>	
Mashex-2011. 14-я международная специализированная выставка машиностроения и металлообработки .....	48
X Международный промышленный форум .....	49
Международный конгресс Advances in Welding Science and Technology for Construction, Energy & Transportation Systems AWST–2011 (Современные разработки в области сварочной науки и технологии для нужд строительства, энергетических и транспортных систем). <i>Е.П. Четверто</i> .....	50
<b>Страницы истории</b>	
Трудный путь легкого металла в ракетостроении. Дуговая сварка. Часть 2. <i>А.Н.Корниенко</i> .....	54





<b>News of technique and technologies</b> .....	<b>6</b>
<b>Technologies and equipment</b>	
The tendencies of development of technologies of welding production. <i>G.I.Lashchenko</i> .....	<b>8</b>
Plasma sputtering of thermobarrier of coatings on walls of pyrolysis reactor. <i>S.V.Petrov, L.I.Rubets</i> .....	<b>14</b>
Application of contact welding for production object of power mechanical engineering. <i>B.V. Fedotov, V.V.Mikhaylov, V.V.Sharapov, M.S. Zolotogorov, I.N. Egorov</i> .....	<b>18</b>
Cladding of copper and copper alloys on steel. <i>M.U. Buldyzhova</i> .....	<b>20</b>
Estimation of internal defects in butt welded joints of vessels. <i>V.M. Dolinskiy, V.N. Stogniy, V.I. Cheremskaya</i> ...	<b>23</b>
Plants UD681 and UD683 for automatic arc cladding circular sealing surfaces in apertures of pipeline fixtures. <i>V.S.Romanyuk, A.V. Semenenko, V.A.Tkachenko, A.K. Polyshchuk, T.M. Pirumova</i> .....	<b>26</b>
Powder wire for cladding of details from manganese steels. <i>P.A.Kosenko, N.A.Solovey, L.I. Chepurko, Yu.N. Kovalenko</i> .....	<b>28</b>
Production of electrodes in PJSC «PlasmaTek». <i>V.P.Slobodyanyuk, N.V. Skorina</i> .....	<b>30</b>
Arc and electroslag cladding of rolls of rolling mills. <i>I.A. Kondrat'ev, I.A. Ryabtsev, Yu.M. Kuskov</i> .....	<b>35</b>
Renovation of cast-iron rolls of mill 2000 in current leading crystallizer. <i>Yu.M. Kuskov, I.A. Ryabtsev, I.S. Sarychev</i> .....	<b>38</b>
Renovation of details of cone crusher by arc cladding. <i>I.A. Ryabtsev, Yu.M. Kuskov, Ya.P. Chernyak, A.I. Poddubskiy</i> .....	<b>40</b>
<b>Our consultations</b> .....	<b>44</b>
<b>The foreign colleagues</b> .....	<b>46</b>
<b>Exhibitions and conferences</b>	
Mashex-2011. 14 <sup>th</sup> International specialized exhibition of engineering and metal working .....	<b>48</b>
X International Industrial forum .....	<b>49</b>
The International congress «Advances in Welding Science and Technology for Construction, Energy and Transportation Systems AWST-2011». <i>E.P. Chvertko</i> ...	<b>50</b>
<b>Pages of a history</b>	
Difficult way of easy metal in rocket building. Arc welding. Part 2. <i>A.N.Kornienko</i> .....	<b>54</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** [ctt94@mail.ru](mailto:ctt94@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 09.02.2012. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

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

Заказ № 1017 от 02.02.2012.

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](mailto:welder@welder.kiev.ua), [welder.kiev@gmail.com](mailto:welder.kiev@gmail.com)

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

**ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА**

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

**Подписной индекс K0103**  
в каталоге российской прессы  
«Почта России» —  
персональная подписка

## ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

### Тенденции развития технологий сварочного производства

*Г.И.Лашенко*

Рассмотрены такие современные способы сварки, как лазерная и лазерно-дуговая, электронно-лучевая, сварка трением с перемешиванием. Приведены их преимущества и недостатки, области промышленного применения.

### Плазменное напыление термобарьерных покрытий на стенки реактора пиролиза

*С.В. Петров, Д.И. Рубец*

Статья посвящена плазменному нанесению защитного термобарьерного покрытия с повышенным термическим сопротивлением на стенки реакторов пиролиза и газификации. Исследование показывает возможность применения термобарьерного покрытия на основе диоксида циркония для защиты рабочих поверхностей высокотемпературных тепловых агрегатов.

### Применение контактной сварки для изготовления объекта энергетического машиностроения

*Б.В. Федотов, В.В. Михайлов, В.В. Шаратов, М.С. Золотогоров, И.Н. Егоров*

Описана принципиальная технология изготовления теплообменных элементов. Приведены результаты исследований при обработке режимов шовной и точечной контактной сварки.

### Рациональный подход к восстановлению деталей оборудования газотермическим напылением

*Ю. С. Коробов, В. И. Шумяков, А. С. Прядко*

Рассмотрено восстановление и упрочнение широкого спектра деталей базовых отраслей промышленности. В результате исследования установлены наиболее эффективные способы газотермического напыления — активированная дуговая металлизация и сверхзвуковое газозвдуемое напыление.

### Оценка внутренних дефектов в стыковых сварных соединениях сосудов

*В.М. Долинский, В.Н. Стогний, В.И. Черемская*

Дана оценка работоспособности оборудования химических производств при диагностировании на основе методики, разработанной в УкрНИИхиммаш. На примере результатов периодического контроля десяти объектов промышленного оборудования подтверждена целесообразность применения принятой методики.

### Установки УД681 и УД683 для автоматической дуговой наплавки круговых уплотнительных поверхностей в отверстиях трубопроводной арматуры

*В.С. Романюк, А.В. Семенов, В.А. Ткаченко, А.К. Полищук, Т.Н. Пирумова*

Описаны установки УД681 и УД683 для автоматической дуговой наплавки круговых уплотнительных поверхностей в отверстиях трубопроводной арматуры. Установки универсальны и могут быть использованы для наплавки как внутренних, так и наружных кольцевых поверхностей разного профиля.

### Порошковая проволока для наплавки деталей из марганцовистых сталей

*П.А. Косенко, Н.А. Соловей, Л.И. Чепурко, Ю.Н. Коваленко*

Описана порошковая проволока для наплавки деталей из марганцовистых сталей. Проволоку используют при ремонте деталей, включающем восстановление первоначальной формы детали, заварку трещин или других дефектов, наплавку поверхностных слоев.

## В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ...

### Электролитно-плазменная обработка изнашиваемых поверхностей подшипников скольжения

*Ю.Н. Тюрин, О.В. Колисниченко*

Рассчитана и экспериментально проверена эффективность рельефа на поверхности вала в подшипнике скольжения. Разработана технология электролитно-плазменной обработки и изготовлено оборудование для формирования на поверхности шейки вала подшипника скольжения локальных твердых участков, имеющих толщину до 5 мм и твердость 55-62 HRC. Технология создания рельефа обеспечивает многократную экономию энергии и является экологически чистой.

### Установка УД682 для автоматической TIG сварки листовых тел в узкой зазор с магнитным управлением дуги

*В.С. Романюк, А.В. Семенов, С.И. Великий, А.К. Полищук, В.Ю. Белоус*

Описана установка УД682 для автоматической TIG сварки. Конструкция установки разработана и внедрена специалистами Института электросварки им. Е.О. Патона. Приведены режимы работы. Описана система управления, дана техническая характеристика установки.

### Методы активизации решения творческих инженерных задач

*Г.И.Лашенко*

Рассмотрены методы поиска новых технологических идей и решений инженерных задач. Приведена классификация методов творческого поиска, описаны их виды. Дана краткая характеристика основных направлений активизации решения творческих задач.

### Многоэлектродная машина для контактной сварки арматурных сеток с плавным регулированием шага ячейки

*П.Д. Федоров, С.Б. Бинецкий, В.Н. Толяренко, В.В. Никифоров*

Описана многоэлектродная машина МТМ-20×100, разработанная в ОАО «Институт сварки России». Рассмотрены конструкция машины, техническая характеристика. Даны результаты испытаний машины. Приведен опыт эксплуатации машины и практические рекомендации по ее использованию.

### Оптическое излучение при сварке и родственных процессах. Часть 1

*О.Г. Левченко, А.Т. Малахов*

Представлен обзор основных вопросов, связанных с физической оптической излучением и защитой от него при сварке и родственных процессах. Приведены термины и определения понятий, относящихся к излучениям; примеры величин освещенности в различных условиях и распределения энергии излучения в спектрах источников света. Описаны основные источники оптического излучения в сварочных и родственных процессах.

... И МНОГОЕ ДРУГОЕ!

## Многофункциональный источник питания МП-50 для микроплазменной сварки и порошковой наплавки

Источник питания МП-50 (рисунок) предназначен для ручной и механизированной микроплазменной сварки углеродистых, высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов малых толщин (от 0,3 до 1,5 мм). Может быть использован в качестве основного или вспомогательного плазменного источника энергии в составе технологических установок для микроплазменно-порошковой наплавки и гибридной лазерно-микроплазменной сварки.

МП-50 обеспечивает формирование микроплазменной дуги с требуемыми для заданных технологических процессов энергетическими и теплофизическими характеристиками при работе в следующих основных режимах:

- режим А — сварка постоянным током прямой полярности с плавным регулированием силы тока от 5 до 50 А;
- режим В — сварка импульсным током прямой полярности с плавным регулированием силы тока от 5 до 50 А и дискретным регулированием длительности импульсов и пауз между ними в диапазоне от 1 до 99 мс с шагом 1 мс;
- режим С — сварка разнополярными импульсами тока с плавным регулированием силы тока прямой полярности в диапазоне от 5 до 50 А и дискретным регулированием длительности импульсов тока прямой полярности в диапазоне от 1 до 99 мс с шагом 1 мс, а также тока обратной полярности в диапазоне от 5 до 25 А и длительности импульсов тока обратной полярности в диапазоне от 1 до 99 мс с шагом 1 мс.

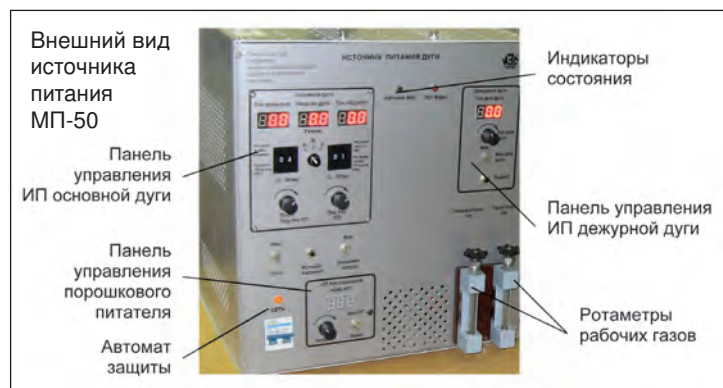
*Основные конкурентные преимущества МП-50:*

- малогабаритный, основан на многофункциональных широко-импульсных инверторных преобразователях постоянного тока понижающего типа с системой управления;

- предусмотрен режим «Автоматическая работа» на основе устройства управления технологическими режимами с микропроцессорным управлением параметрами процесса сварки и функцией обеспечения связи с удаленным компьютером;
- функция формирования и стабилизации основной дуги на малых токах путем применения отдельного инверторного источника питания дежурной дуги с устройством поджига и расширенным диапазоном регулирования силы тока от 3 до 8 А;
- функция стимулирования поджига и обеспечения устойчивого горения основной дуги при большой ее длине (от 2 до 6 мм);
- повышенная надежность системы электропитания силовой части за счет параллельного соединения двух однотипных инверторных источников питания с обеспечением резервирования, равномерного распределения нагрузки между ними и увеличения силы тока на выходе до заданного значения;
- защита плазмотронов от перегрева за счет встроенного бесконтактного реле протока жидкости РПЖ-1М ТУ УЗ.48-00225667-077-95 и реализация функции блокировки формирования сварочного тока при отсутствии воды в системе водоохлаждения;
- эргономичность и современный дизайн источника питания в соответствии с нормами ИЕС 60 297-3-101, -102, -103;
- система индикации параметров процесса сварки на основе цифровых индикаторов и сигнальных светодиодов;
- возможность адаптации подключением для совместной работы как с типовыми плазмотронами, так и с плазмотронами новых конструкций;
- унифицированные элементы подключения к внешним системам подачи рабочих газов и водоохлаждения с использованием быстроразъемных соединений Festo и Binzel в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 9001: 2008 и ISO 4414;
- функция дистанционного запуска источника питания от внешнего источника синхронизирующих импульсов в режиме «Внешний запуск».

Области применения: электромеханическая промышленность, автомобилестроение, авиационная и космическая техника, машиностроение и производство промышленных установок, химическая и пищевая промышленность, медицинская техника. ● #546

Институт электросварки им. Е. О. Патона  
НАН Украины



### Техническая характеристика источника питания МП-50

*Питающая сеть:*

Число фаз / частота, Гц / напряжение, В. . . . . 1/50/220  
 Диапазон регулирования сварочного тока, А . . . . . 5–50  
 Диапазон установки силы тока дежурной дуги, А . . . 3–8  
 Напряжение холостого хода, В. . . . . 48  
 Максимальная потребляемая мощность из сети, кВт. . 3,5  
 Габаритные размеры (Ш×В×Г), мм . . . . . 420×550×355  
 Масса, кг. . . . . 28



## Новый прибор Welding Expert для проведения измерений параметров сварного шва

Welding Expert — это измерительная система, отвечающая современным требованиям в области профессионального контроля качества сварных соединений. Прибор имеет плоскую стеклянную поверхность, на которую помещают отполированный образец. Специальный встроенный кольцевой LED осветитель дает яркое, равномерное по всей поверхности освещение, а CCD камера — высококонтрастное изображение.

Welding Expert оснащен автоматическими системами калибровки и фокусировки с зумом, что позволяет оператору получить максимальную гибкость при выборе нужной области на образце для проведения измерений.

Измерения в зависимости от поля зрения можно проводить на образцах размером:

- 14–90 мм с точностью 17 мкм (Welding Expert HR/LM (E));

- 10–38 мм с точностью 10 мкм (Welding Expert HR 25X);
- 5–17 мм с точностью 5 мкм (Welding Expert HR 50X);
- 0,68–8,27 мм с точностью 0,6 мкм (Welding Expert HR/HM).

Программное обеспечение системы максимально просто в использовании. Описание каждой детали и критериев контроля представлено в удобной форме. Когда образец готов к проведению измерений, его параметры загружаются автоматически. После проведения измерений данные сохраняются и сразу становятся доступными для составления отчета или статистического анализа.



● #547

ООО «Мелитэк-Украина» (Киев)

## Бесшовная автомобильная сварка

Немецкие инженеры из Института Франгофера во Фрайбурге нашли способ лазерной сварки, который не оставляет видимых следов на металле. Новая технология контролируемой лазерной сварки с частичным проникновением позволяет не прожигать листы металла насквозь. Вместо этого лазер выключается по достижении внешней поверхности нижнего листа и не оставляет следов на лицевой стороне детали.

Чтобы полностью контролировать быстротекущий процесс сварки, необходимы сложные алгоритмы работы и совершенное

оборудование. Глубину проникновения луча определяет программное обеспечение, которое в режиме реального времени приспосабливается к конкретным требованиям (толщине листа, требуемой прочности шва и т. д.).

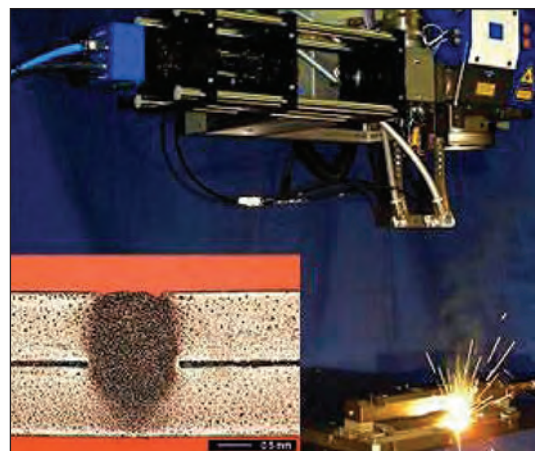
Новая система позволяет измерять, насколько глубоко лазерный луч проник в металл. Суть изобретения проста: если луч плавит металл, камера регистрирует большой выброс теплоты, но как только луч попадает в воздушный зазор между двумя листами металла, происходит резкое падение уровня теплового излучения. В этот момент программное обеспечение «понимает», что луч прожег лист насквозь и на основании этих данных выбирает мощность и продолжительность излучения, которые позволят проводить надежную сварку на максимально возможную глубину, но без повреждения внешней поверхности нижнего листа. Фактически луч совсем немного «не доходит» до края материала.

Для измерения уровня теплового излучения используется чрезвычайно быстрая тепловизионная камера, основанная на технологии ячеистых нейронных сетей (CNN). В каждый пиксель этой камеры интегрирован крошечный процессор. Все процессоры работают одновременно и ускоряют анализ отдельных изображений. Система позволяет обрабатывать до 14 тыс. изображений в секунду, тогда как обычные сверхскоростные камеры способны обработать не более 1–2 тыс. кадров в секунду.

В настоящее время инженеры из Дрезденского технического университета разработали прототип нового устройства, которое отлично контролирует процесс сварки и сулит автопроизводителям большие выгоды.

● #548

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



# Тенденции развития технологий сварочного производства\*

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

*Повышение качества выпускаемой продукции, освоение новых ее видов в сочетании с высокой производительностью труда являются основополагающими направлениями развития современных производств. Новые служебные характеристики изделий нередко требуют использования и новых конструкционных материалов. Все это диктует необходимость постоянного совершенствования различных технологий обработки, в том числе сварочных.*

В этих условиях возможности дуговых способов сварки далеко не всегда позволяют эффективно решать поставленные задачи. Поэтому в последние годы в мире больше внимания уделяют лазерной и электронно-лучевой сварке, гибридным и комбинированным способам сварки, сварке трением с перемешиванием.

**Лазерная и лазерно-дуговая сварка.** В настоящее время лазер стал промышленным инструментом при выполнении многих технологических операций (сварка, наплавка, упрочнение, резка, микрообработка, маркирование, гравирование, поверхностная очистка материалов и др.).

В табл. 3 приведены характеристики различных лазеров высокой мощности, применяемых для сварки, наплавки, резки, упрочнения и нанесения покрытий.

В настоящее время в промышленности в основном используют газовые CO<sub>2</sub>-лазеры твердотельные Nd:YAG-лазеры, работающие в инфракрасном и близких к инфракрасному диапазонах спектра. Однако мощные диодные лазеры и Nd:YAG-лазеры с диодной накачкой становятся все более эф-

фективными. CO<sub>2</sub>-лазеры используют для сварки, резки и поверхностной обработки.

К недостаткам CO<sub>2</sub>-лазеров обычно относят их громоздкость, необходимость использования гелия в относительно больших количествах и невозможность транспортировки излучения с помощью оптических волокон.

Nd:YAG-лазер — твердотельный лазер, в котором в качестве активного элемента используют алюмоиттриевый гранат с неодимом. Специалисты считают, что из-за своей относительно низкой цены Nd:YAG-лазеры с ламповой накачкой в ближайшей перспективе еще будут привлекательны для промышленности. Но на смену им уже приходят Nd:YAG-лазеры большой мощности с диодной накачкой. Эти лазеры имеют намного лучшие энергетические характеристики, они более компактны, проще в обслуживании и значительно дольше служат по сравнению с Nd:YAG-лазерами с ламповой накачкой. Лазеры с диодной накачкой используют для сварки, нанесения покрытий и поверхностной обработки.

К числу преимуществ диодных лазеров следует отнести высокий КПД (до 50%), что ведет к более низким эксплуатационным расходам, а также небольшие размеры, что позволяет легко встраивать их в существующие производственные системы.

На мировом рынке промышленных лазеров в последние годы отмечен значительный рост сегмента волоконных лазеров (табл. 4). Волоконные лазеры в секторе технологических лазеров малой мощности в настоящее

**Таблица 3. Характеристики различных типов лазеров высокой мощности, используемых для сварки, наплавки, резки, упрочнения и нанесения покрытий**

Параметры лазера	CO <sub>2</sub> -лазер	Nd:YAG-лазер с накачкой		Диодный лазер
		ламповой	диодной	
Длина волны, мкм	10,6	1,06	1,06	0,8–0,94
КПД, %	5–10	1–3	10–12	30–50
Максимальная мощность, кВт	40	4	4	6
Средняя плотность мощности, Вт/см <sup>2</sup>	1·10 <sup>6</sup> –1·10 <sup>8</sup>	1·10 <sup>5</sup> –1·10 <sup>7</sup>	1·10 <sup>6</sup> –1·10 <sup>9</sup>	1·10 <sup>3</sup> –1·10 <sup>5</sup>
Сервис, после продолжительности работы, ч	2000	200	10000	10000
Передача излучения по оптическому волокну	Нет	Есть	Есть	Есть
Качество излучения, мм·мрад	12	23–45	12	100–1000

\* Продолжение. Начало в №3-5–2011.



время составляют серьезную конкуренцию твердотельным лазерам с оптической накачкой, а в секторе мощных лазеров — это уже реальная альтернатива CO<sub>2</sub>-лазерам. Основными преимуществами волоконных лазеров являются более высокий КПД, стабильная выходная мощность, малая занимаемая площадь, возможность транспортировки лазерного луча по оптическому световоду на расстояние до 300 м и более.

Мощность и длина волны излучения — главные факторы в определении применимости лазера для того или иного процесса.

Среди достоинств лазерной сварки металлов обычно выделяют следующие:

- высокую концентрацию энергии, обеспечивающую малый объем расплавленного металла, незначительные размеры зоны термического влияния, высокие скорости сварки, нагрева и охлаждения шва и зоны термического влияния;
- низкие деформации сварных конструкций;
- легкую транспортировку лазерного луча с помощью зеркал и волоконной оптики в труднодоступные места сварной конструкции;
- отсутствие необходимости в вакуумной защите зоны сварки (по сравнению с электронно-лучевой);
- неподверженность лазерного луча влиянию магнитного поля свариваемых деталей и технологической оснастки.

Лазерную сварку осуществляют в широком диапазоне режимов, обеспечивающих высокопроизводительный процесс соединения различных металлов толщиной от нескольких микрон до десятков миллиметров. Лазерным лучом возможна сварка многих конструкционных материалов (сталей, алюминиевых и титановых сплавов, пластмасс и др.).

Наиболее перспективные области применения лазерного источника нагрева для сварки сталей включают:

- сварку деталей, склонных к образованию холодных и горячих трещин (с целью повышения технологической прочности соединений);
- сварку мартенситно-стареющих сталей (с целью снижения размеров зоны термического влияния и величины карбидной сетки для повышения коррозионной стойкости соединений);
- применение лазерного луча как альтернативы электронному при изготовлении крупногабаритных деталей;
- сварку деталей, к геометрии сварных соединений которых предъявляют жесткие

Таблица 4. Мировое производство промышленных лазеров, шт.

Лазер	2005	2006	Отношение 2006/05, %	2007	Отношение 2007/06, %
CO <sub>2</sub> -лазер	16940	21800	9	23320	7
Твердотельный	11275	9725	-14	9285	-4
Волоконный	3475	5450	57	6750	31
Другие	475	550	16	600	9
Всего	35165	37525	7	39955	6

требования. В этом случае лазерная сварка зачастую оказывается окончательной операцией, исключая последующую механическую обработку;

- сварку разнородных, трудносвариваемых сталей и других материалов;
- сварку некоторых сталей в закаленном состоянии. При этом исключается необходимость предварительной и последующей обработок;
- лазерную сварку в массовом производстве для повышения производительности производства высококачественной продукции из стали, алюминиевых и титановых сплавов.

Активизации внедрения лазерной сварки, наплавки, упрочнения и резки в определенной степени способствовало создание в 1980-х годах мощных CO<sub>2</sub>-лазеров, отличающихся повышенной надежностью. Одним из основных потребителей CO<sub>2</sub>-лазеров в эти годы стала *автомобильная промышленность*. Лазерную сварку давно и успешно применяют автомобильные фирмы «Форд», «Мерседес», «Крайслер», «ФИАТ», «Фольксваген», «Ауди», «Рено» и др. Лидерство автомобильной промышленности продолжается и в настоящее время. При этом много внимания уделяют совершенствованию технологии сварки оцинкованной стали и алюминиевых конструкций.

Технология лазерной сварки открыла новые возможности в производстве комбинированных составных заготовок для последующей штамповки с глубокой вытяжкой элементов легковых автомобилей из стали и алюминиевых сплавов.

В *металлургической промышленности* лазерную сварку используют для непрерывной горячей и холодной прокатки. Так, фирма Nippon Steel (Япония) разработала технологию сварки горячекатаной стали, при которой используют два лазера мощностью 45 кВт. Лазерное излучение передают к зоне сварки на 50 м. При сварке нагретого до 1000°С проката глубина проплавления шва увеличивается на 30%.

Большой интерес к лазерной сварке проявляют специалисты *судостроительной промышленности*. Применение лазерной сварки в судостроении взамен дуговой позволяет повысить производительность, радикально уменьшить деформации за счет более низкого тепловложения, стабилизировать качество соединений и применить новые конструктивно-технологические решения при проектировании элементов судов.

Лазерную сварку применяют в серийном производстве *пассажирских железнодорожных вагонов*, изготовленных из высококачественной листовой стали. Важным преимуществом этой технологии является значительное сокращение работ по рихтовке наружной (видимой) поверхности стенок вагонов.

Ведутся работы по технологии лазерной сварки газо- и нефтепроводных труб, труб из нержавеющей стали, консервных банок, корпусов аэрозольных баллончиков и многих других изделий.

Для повышения эффективности процесса лазерной сварки (снижения требований к подготовке кромок, уменьшения опасности образования утонений, пор, подрезов, снижения капитальных и других затрат) используют различные приемы и способы, включающие:

- импульсно-периодическую модуляцию излучения, осциллирование и сканирование лазерного излучения, подачу дополнительного потока газа;
- применение флюсов и присадочной проволоки;

- сочетание лазерного нагрева с плазменным, дуговым или высокочастотным (гибридные и комбинированные способы сварки).

В последние годы существенные практические результаты достигнуты при гибридной лазерной и дуговой сварке плавящимся электродом в защитном газе (рис. 4).

Благодаря сочетанию лазерной и дуговой сварки происходит увеличение как глубины проплавления, так и скорости сварки, появляется возможность перекрыть имеющиеся зазоры в стыке и реализовать более мягкий термический цикл.

В Институте сварки и соединений (Аахен, Германия) проводят исследования процесса гибридной сварки с использованием лазера и дуговой сварки плавящимся электродом под флюсом (рис. 5). Соединить два процесса — сварку лазерным лучом и сварку под флюсом в одной сварочной ванне — как оказалось, сложно, поскольку флюс проваливается в парогазовый канал лазерного луча, при этом лазерное излучение поглощается флюсом, а не свариваемым материалом. В исследованном варианте защитный газ, необходимый для сварки лазерным лучом, поступает против направления сварки, чтобы сдувать флюс, который может попасть в зазор между свариваемыми листами, а за лазерным лучом устанавливается разделительная пластина, препятствующая попаданию флюса в зону, расплавляемую лазерным лучом. Получены качественные швы на сталях различных марок толщиной 8–38 мм при мощности лазера 20 кВт.

Несмотря на ряд достоинств, о которых говорилось выше, лазерная сварка по-прежнему остается одной из «экзотических» технологий. Основная причина — это высокая стоимость лазеров. Считают, что капитальные затраты на лазерную установку составляют около 0,1 млн. евро на 1 кВт выходной мощности. Кроме того, на уровень текущих затрат при лазерной сварке влияет много факторов, таких как объем производства, длина и тип шва, пространственное положение сварки, вид материала и др. Для малых и средних предприятий, имеющих проблемы с обеспечением достаточного количества заказов для работы в одну смену, приобретение лазерного оборудования может оказаться затруднительным. В мировой практике для таких предприятий создают специализированные лазерные центры и лаборатории с развитой научно-технической базой, имеющие своей целью ускорение

Рис. 4. Сочетание процессов лазерной и дуговой сварки





внедрения в производство современных лазерных технологий путем реализации соответствующих услуг.

**Электронно-лучевая сварка.** Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) считается альтернативным лазерной сварке способом соединения металлов и сплавов. Электронно-лучевая сварка обладает рядом существенных достоинств, к которым относят следующие:

- высокую концентрацию энергии в электронном пучке и локальность нагрева, позволяющие получать швы с отношением глубины к ширине до 50 и малое время пребывания металла в расплавленном состоянии;
- минимальные деформации свариваемого изделия;
- надежную защиту расплава сварочной ванны от окисления и насыщения азотом за счет вакуума;
- возможность регулирования с высокой точностью энергетических и геометрических параметров электронных пучков и на этой основе точного дозирования энергии, вводимой в свариваемое изделие, в том числе при толщине металла до 300 мм;
- возможность осуществления сварки металлоконструкций сложных геометрических форм.

В качестве недостатков ЭЛС выделяют:

- необходимость тщательной подготовки свариваемых поверхностей (размагничивание, очистка, обеспечение зазора в стыке не более 0,1–0,3 мм);
- сложное и дорогостоящее сварочное оборудование (вакуумная техника, высокоточные механизмы перемещения, высоковольтная электроника, системы управления);
- большую продолжительность подготовительных операций (монтаж-демонтаж свариваемого изделия, вакуумирование-развакуумирование, тестирование электронной пушки и других функциональных систем, наведение на стык и др.);
- трудности, связанные с правильным выбором режима сварки, наблюдением за зоной сварки, слежением за свариваемым стыком, контролем пространственно-энергетических характеристик электронного пучка;
- ограничения по свариваемости различных металлов и сплавов из-за вакуума и высокой концентрации энергии электронного пучка;
- невозможность сварки электропроводных материалов;

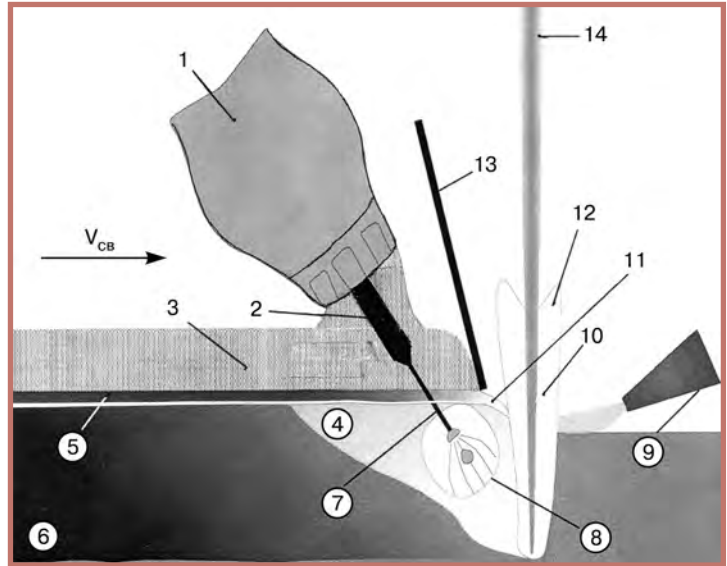


Рис. 5. Схема гибридной лазерно-дуговой сварки под флюсом (LUPuS): 1 — бункер для флюса; 2 — контактный мундштук; 3 — флюс; 4 — ванна жидкого металла; 5 — шлаковая корка; 6 — металл сварного шва; 7 — сварочная проволока; 8 — зона горения дуги; 9 — сопло подачи гелия; 10 — парогазовый канал; 11 — расплавленный флюс; 12 — исходящие плазма и пары металла; 13 — разделительная пластина; 14 — лазерный пучок

- необходимость защиты от рентгеновского излучения.

Потребителям всегда приходится принимать непростые решения с учетом совокупности экономических и других, изложенных выше факторов в пользу ЭЛС либо другой, более традиционной технологии.

Благодаря ЭЛС эффективно решают сложные производственные задачи в автомобилестроении, энергетическом машиностроении, судостроении, авиакосмической и других отраслях промышленности. Можно выделить два главных направления, по которым развивалась ЭЛС в последние десятилетия: первое — сварка толстостенных деталей; второе — вакуумная сварка.

Для сварки толстостенных деталей в ИЭС им. Е. О. Патона разработана и успешно реализована в промышленных условиях технология электронно-лучевой сварки низколегированных сталей, в том числе кольцевых швов толщиной до 150 мм с бездефектным их замыканием. ЭЛС неоднократно применялась в производстве конструкций из титановых и алюминиевых сплавов толщиной до 300 мм.

Электронно-лучевую сварку применяют при изготовлении стальных конструкций толщиной 90–120 мм для атомных электростанций в Японии. При этом японские специалисты считают ЭЛС одной из наиболее перспективных технологий при изготовле-

нии металлоконструкций для атомных станций. Эти сложные задачи были решены, прежде всего, благодаря совершенствованию технологии за счет применения электроники, больших вакуумных камер (до 630 м<sup>3</sup>), а в ряде случаев использования локального вакуума.

Технология ЭЛС в вакууме имеет ряд серьезных преимуществ, о которых говорилось выше. Но необходимость использования вакуума при ЭЛС является и ее существенным недостатком. Поэтому одним из наиболее интенсивно развивающихся технологических процессов в западных странах является ЭЛС с выводом пучка электронов в инертную атмосферу или воздух (вневакуумная сварка). При выводе электронного пучка в атмосферу приходится решать проблему минимизации рассеяния электронов и потери мощности. Кроме этого, необходимо создать надежную защиту сварочной ванны инертным газом, а также защитить обслуживающий персонал от рентгеновского излучения, возникающего при торможении электронов на свариваемом изделии.

При выводе пучка в атмосферу используют высокие ускоряющие напряжения (100–200 кВ), а зону сварки защищают гелием. Вывод электронного пучка в атмосферу осуществляют посредством ступенчатого вакуумирования.

Важное отличие ЭЛС в атмосфере от традиционной вакуумной ЭЛС состоит в суще-

ственной зависимости глубины проплавления от рабочего расстояния, что объясняют значительным рассеянием пучка в атмосфере. Резкое падение концентрации энергии пучка с увеличением рабочего расстояния накладывает определенные ограничения на выбор геометрии свариваемых деталей.

Следует отметить, что до последнего времени ЭЛС в атмосфере применялась исключительно для соединения тонколистовых материалов в автомобилестроении, которое является практически единственной отраслью промышленности, где она внедрена достаточно широко. Однако возможности данной технологии и, прежде всего, высокая скорость сварки могут быть реализованы и в других областях машиностроения (крано-, судостроение, производство труб). Опыт показывает, что с помощью электронного пучка можно сваривать большинство конструкционных материалов (стали, алюминиевые сплавы, титановые сплавы и др.).

Благодаря совершенствованию технологии ЭЛС в последние десятилетия освоены новые конструкции газотурбинных двигателей, поршней двигателей внутреннего сгорания, ленточных пил, буровых долот и другой продукции.

**Сварка трением с перемешиванием.**

Сварка трением с перемешиванием (СТП) (рис. 6), разработанная Институтом сварки TWI (Великобритания), является альтернативой существующим способам сварки плавлением. СТП осуществляют вращающимся сварочным инструментом. Первоначально вращающийся инструмент в месте стыка погружают таким образом, чтобы наконечник специального профиля внедрился в заготовки, а уступ коснулся их поверхности. После полного погружения наконечника на всю толщину свариваемого металла в результате трения наконечника и выступа о заготовки выделяется теплота, которая доводит металл до пластического состояния. Затем инструменту сообщают поступательное движение со скоростью сварки, и материал заготовок, перемещаясь из зоны нагрева в зону охлаждения, огибает наконечник и образует сварной шов. Такой шов несимметричен относительно своей продольной оси, так как материал вытесняется инструментом с одной стороны на другую.

В отличие от сварки плавлением, при которой металл шва формируется в результате кристаллизации расплавленного металла, СТП осуществляют за счет пластификации свариваемого металла без его расплав-

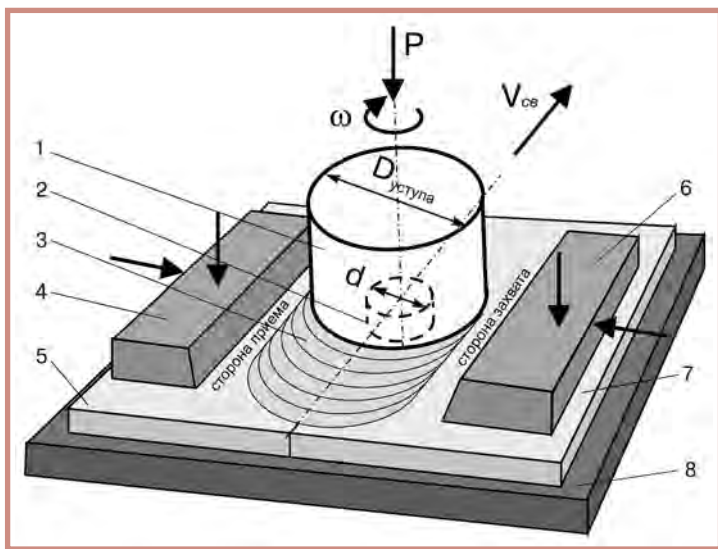


Рис. 6. Схема выполнения СТП: 1 — сварочный инструмент; 2 — наконечник сварочного инструмента; 3 — сварной шов; 4, 6 — прижимные планки; 5, 7 — свариваемые заготовки; 8 — технологическая подкладка ( $\omega$  — скорость вращения сварочного инструмента;  $V_{св}$  — скорость сварки;  $D_{уст}$  — диаметр опорной поверхности уступа сварочного инструмента;  $P$  — осевое давление сварочного инструмента на свариваемые заготовки)



ления (максимальная температура металла при СТП составляет около 70% температуры плавления). На заключительном этапе (в конце шва) инструмент поднимают до полного выхода наконечника из стыка и прекращают его вращение.

Благодаря относительно низкому тепловложению и другим характерным особенностям СТП обладает рядом достоинств:

- возможностью лучшего сохранения свойств основного металла по сравнению со способами сварки плавлением;
- меньшим уровнем остаточных напряжений и деформаций сварных соединений;
- возможностью получения соединений во всех пространственных положениях без применения присадочных материалов, защитных газов и флюсов;
- отсутствием вредных аэрозолей и ультрафиолетового излучения при сварке;
- возможностью получения качественных швов на сплавах, трудно свариваемых методом плавления;
- высокой эффективностью использования электроэнергии и др.

Способ СТП имеет и некоторые недостатки:

- необходимость применения громоздкого сварочного оборудования;
- наличие небольшого прослабления шва (0,1–0,2 мм);
- недостаточная стабильность;
- образование отверстия в конце кольцевого шва диаметром, равным диаметру наконечника инструмента;
- необходимость применения вводных и выводных планок для получения качественных швов по всей длине заготовки и др.

Основными параметрами, определяющими уровень тепловложения при постоянном осевом давлении, являются скорость сварки, скорость вращения сварочного инструмента и диаметр опорной поверхности уступа. Тепловложение при СТП примерно в два раза меньше, чем при аргонодуговой сварке.

СТП применяют в основном для соединения материалов со сравнительно низкой температурой плавления, прежде всего, алюминиевых и магниевых сплавов. Имеются сведения об успешной сварке данным способом медных, никелевых и титановых сплавов, а также сталей.

Основной трудностью при СТП сплавов с высокой температурой плавления является низкая стойкость инструмента. В мире интенсивно ведутся работы по повышению стойкости инструмента за счет применения специальных материалов и усовершенствований его конструкции, в том числе дополнительного охлаждения. Так, портативное оборудование для СТП неповоротных стыков стальных высокопрочных труб диаметром 315 мм с толщиной

стенки 13 мм включает водоохлаждаемый износостойкий инструмент, телеметрическую систему его пространственного расположения, механизм орбитального перемещения сварочной головки и выдвижную опорную штангу, размещаемую внутри трубы. Для сварки труб большого диаметра с целью увеличения производительности процесса предполагается разработка планетарного механизма с несколькими сварочными головками.

Широкое использование СТП ограничивается высокой стоимостью разработки и изготовления узкоспециализированного оборудования, а также достаточно высоким уровнем технологических затрат.

Для минимизации этих недостатков фирма Sigmari System Ltd. совместно с TWI и фирмой BAE System (Великобритания) разработала новый способ СТП, названный Low Stir процесс. В нем используют специальную сварочную головку, которая стандартным конусным хвостовиком может быть закреплена в отверстии шпинделя вертикально-фрезеровального станка, что позволяет расширить использование этого процесса и реализовать его практически на любом, даже малом предприятии. В комплект сварочной головки входит система программного обеспечения, позволяющая проводить настройку технологических режимов и регистрацию параметров для дальнейшего анализа качества сварки.

Разработанная новинка позволяет вместо узкоспециализированного оборудования, стоящего сотни тысяч фунтов стерлингов, использовать относительно недорогую сварочную головку, программное обеспечение и фрезеровальные станки, имеющиеся на многих предприятиях.

В настоящее время к основным областям применения СТП относятся:

- судостроение (палубные надстройки, переборки, элементы корпуса);
- аэрокосмическая промышленность (элементы фюзеляжа, крыльев, топливные баки для криогенных жидкостей, корпуса ракет);
- железнодорожный транспорт и метро (корпуса вагонов, рамы и основания поездов метро);
- автомобильная промышленность (узлы крепления двигателя, диски колес, рамы автомобилей);
- электротехническая промышленность (корпуса электродвигателей, токоподводы, параболические антенны, шины);
- строительная индустрия (алюминиевые мосты и трубопроводы, теплообменники и кондиционеры);
- пищевая промышленность (емкости для пива, упаковка) и др.

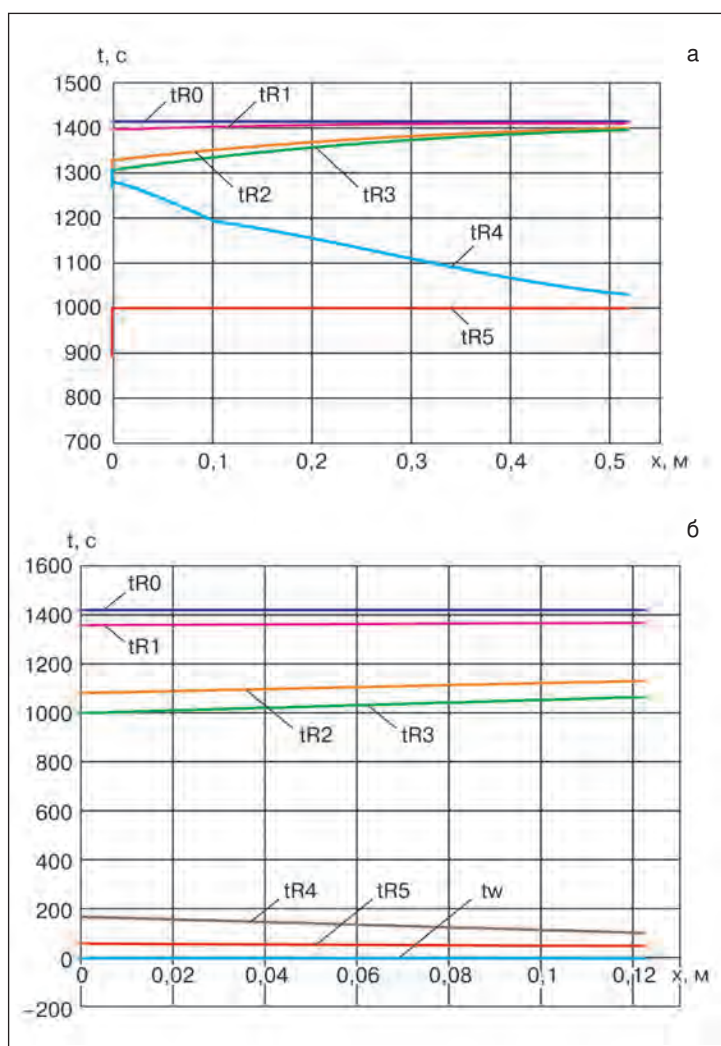
Благодаря использованию СТП решаются задачи кардинального повышения качества сварных конструкций, производительности и улучшения условий труда.

● #549

# Плазменное напыление термобарьерных покрытий на стенки реактора пиролиза

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

Процесс плазменного напыления различного рода термобарьерных покрытий используют на практике в течение более 40 лет. В последние 15 лет объемы производства таких покрытий в мире резко возросли и достигли ежегодного оборота около 5 млрд. долларов. С помощью термобарьерных покрытий обычно решают задачи уменьшения температурных и тепловых нагрузок на элементы конструкции и, соответственно, повышения надежности и сроков эксплуатации высокотемпературных аппаратов. В настоящее время активно проводятся работы, направленные на решение проблемы создания новых видов огнеупорных материалов для защитных и упрочняющих покрытий для футеровок высокотемпературных тепловых агрегатов, а также технологий нанесения на существующие огнеупорные материалы подобных упрочняющих и защитных покрытий, обеспечивающих существенное повышение эксплуатационных показателей и свойств изделий в условиях применения их в контакте со статическими и динамическими воздействиями высокотемпературных, высокоскоростных и агрессивных сред. Статья посвящена плазменному нанесению защитного термобарьерного покрытия с повышенным термическим сопротивлением на стенки реакторов пиролиза и газификации.



Создание огнеупорных покрытий, отличающихся высокими физико-механическими и прочностными характеристиками, устойчивых против высоких тепловых нагрузок и агрессивных сред, решает проблему работоспособности при экстремальных условиях работы широкого ряда высокотемпературных тепловых агрегатов (печей, ванн, котлов, реакторов, ковшей, тиглей и т. д.). Вопросы технологического и технического оформления реактора пиролиза напрямую связаны с теплопередачей и заданной температурой рабочей стенки (рис. 1).

Такой реактор содержит циклонную камеру, выполненную из нитро SiC с внутренним радиусом  $R1$ . Внутренние стенки камеры покрыты слоем шлака толщиной 3–4 мм, который выполняет роль гарнисажа и образует рабочую камеру с внутренним радиусом  $R0$ . Вся наружная поверхность циклонной камеры из нитро SiC содержит слой термобарьерного покрытия из  $ZrO_2 + 8\%wt CaO$  толщиной 0,4 мм. В таком виде циклонная камера установлена по оси цилиндрического водоохлаждаемого корпуса с радиусом  $R6$  внутренней стенки и радиусом

Рис. 1. Распределение температур в слое теплоизоляции: а — циклонной камеры реактора пиролиза; б — реактора пиролиза



R7 наружной стенки, которая омывается водой. Между слоем термобарьерного покрытия из  $ZrO_2 + 8\%wt CaO$  на циклонной камере и водоохлаждаемой стенкой корпуса последовательно размещают теплоизоляционный наполнитель. Первый слой – засыпка из  $SiO_2$ , второй слой – засыпка из  $Al_2O_3$ , третий слой – волокнистый теплоизоляционный материал на основе  $Al_2O_3$ . Граница раздела между засыпкой из  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  определяется текущим радиусом R4. Граница раздела между засыпкой из  $Al_2O_3$  и волокнистым теплоизоляционным материалом на основе  $Al_2O_3$  определяется текущим радиусом R5. Граница раздела между волокнистым теплоизоляционным материалом на основе  $Al_2O_3$  и стальной стенкой имеет радиус R6.

Термобарьерное покрытие напыляли (рис. 2) на плазменной установке Plazer 80-PL. Для напыления покрытий использовали порошок диоксида циркония, стабилизированного оксидом кальция, с размером частиц 20–50 мкм. Рабочая стенка реактора с напыленным покрытием показана на рис. 3.

Термобарьерное покрытие должно удовлетворять стандартным требованиям:

- фазовая стабильность от комнатной температуры до рабочей  $1350^\circ C$ ;
- низкая теплопроводность (не более  $2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ );
- высокий коэффициент термического расширения (более  $9 \cdot 10^{-6} \cdot \text{К}^{-1}$ );
- химическое сопротивление против высокотемпературной коррозии, обусловленной агрессивной средой;
- низкая скорость спекания;
- высокая трещиностойкость.

К специфическим требованиям, обусловленным технологическими условиями, относятся:

- исключение диффузии контактируемых материалов;
- повышенная адгезионная прочность сцепления.

С целью прогнозирования долгосрочного поведения покрытия в условиях работы реактора пиролиза выполнен ряд исследований.

Основным параметром термобарьерного покрытия является его теплопроводность, она зависит от пористости. На рис. 4 приведена зависимость теплопроводности покрытия с пористостью 6% и размером пор 50–200 мкм и теплопроводности спеченного материала с пористостью 2% от темпера-



Рис. 2. Напыление термобарьерного покрытия на деталь реактора пиролиза



Рис. 3. Рабочая стенка реактора пиролиза с напыленным термобарьерным покрытием

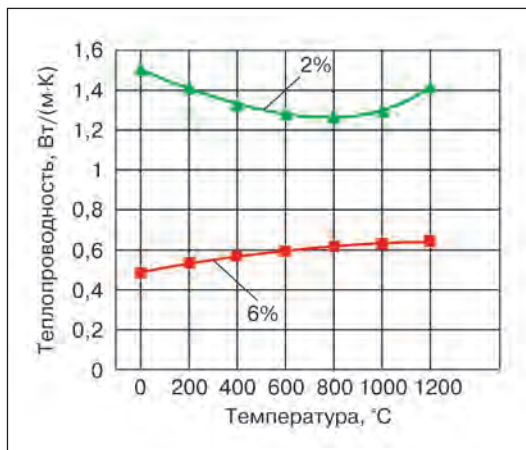


Рис. 4. Зависимость теплопроводности  $ZrO_2 + 8\%wt CaO$  от температуры

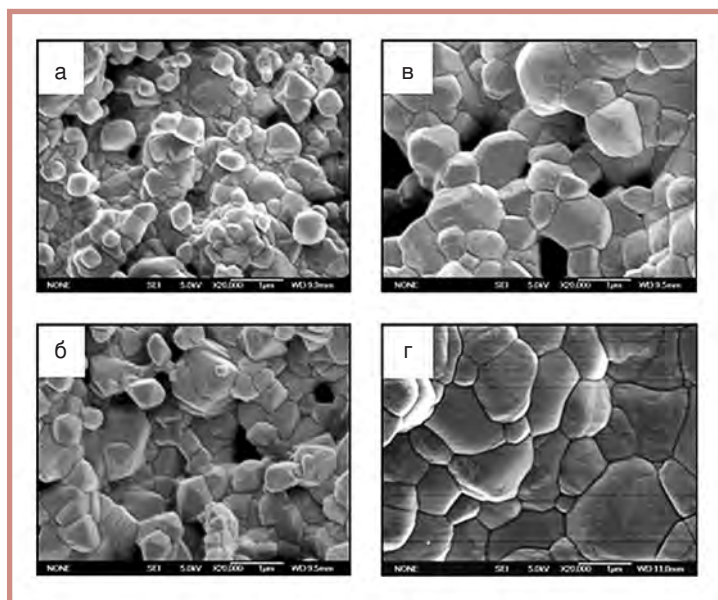


Рис. 5. Эволюция морфологии поверхности при термообработке в течение 100 ч при температуре: а — 1200, б — 1300, в — 1400, г — 1500 °С

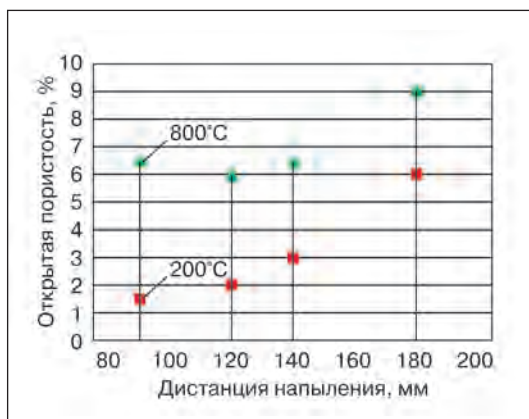


Рис. 6. Зависимость пористости покрытия от параметров напыления

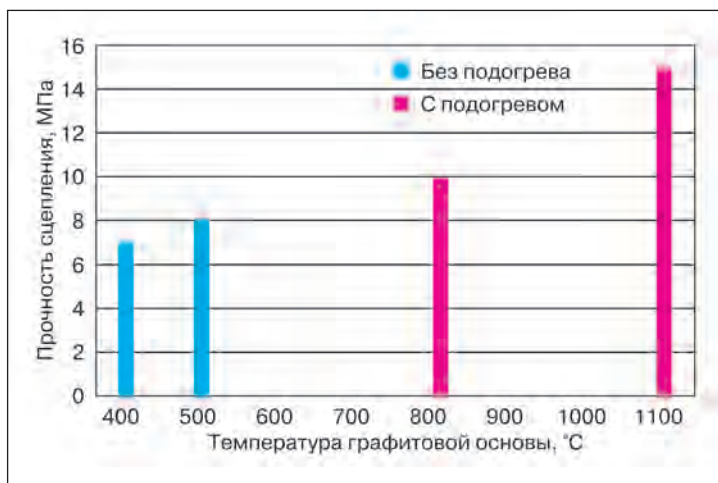


Рис. 7. Прочность сцепления покрытия с графитовой основой

туры. Теплопроводность измеряли методом ксеноновой и лазерной вспышек.

Поскольку реактор пиролиза работает в условиях стабильной температуры, тесты на термоциклирование покрытия не представляют интереса. Однако важной характеристикой является нециклическая термическая стабильность покрытия в целом. С ростом температуры размер частиц увеличивается и они трансформируются в моноклинную фазу, плотность материала покрытия снижается. На рис. 5 показано огрубление поверхностных гранул с ростом температуры.

Пористая структура термобарьерного покрытия на основе диоксида циркония, полученного плазменным напылением, характеризуется мелкомасштабными пора́ми размером до 200 мкм. Многие из них открытые, что обеспечивает газопроницаемость покрытия. Поры располагаются между ламелями и по микротрещинам. С помощью математических моделей можно рассчитать теплопроводность покрытия, его газопроницаемость и их изменение при термообработке. Отсутствие жестких требований к термоусталостной прочности для рассматриваемых защитных покрытий стенок реакторов пиролиза и газификации позволяет игнорировать в расчетах термические градиенты по толщине покрытия и принимать во внимание при фазовых и агломерационных превращениях только изотермическую температурную историю. Пористость покрытия зависит от параметров процесса напыления (рис. 6).

Принудительное охлаждение покрытия (среднюю температуру поверхности поддерживали на уровне 200 °С путем обдува водовоздушной смесью) и увеличение дистанции напыления приводят к росту пористости. Быстрое охлаждение частиц на основе приводит к формированию тетрагональной структуры. Подогрев плазменной струей покрытия в процессе напыления до 800 °С обеспечивает снижение пористости. При этом растет доля моноклинной фазы в покрытии.

Адгезионная прочность сцепления покрытия из диоксида циркония на графитовой основе зависит от степени ее подогрева (рис. 7). Во всем диапазоне дистанций напыления повышение температуры приводило к снижению пористости и повышению адгезионной прочности сцепления. Покрытие с пористостью 2% было получено при температуре основы 800 °С на дистанции на-



Рис. 8. Рентгенограмма покрытия из  $ZrO_2 - 8 \text{ wt. } Y_2O_3$

пыления 120 мм. Повышение температуры также приводит к увеличению прочности сцепления покрытия с графитовой основой.

Типичные результаты рентгеноструктурного фазового анализа показаны на рис. 8. Покрытия, выполненные плазменным напылением, подвергали различным режимам термообработки. Большое количество моноклинной фазы обнаруживается с повышением температуры термообработки.

Покрытие из диоксида циркония, стабилизированное оксидом кальция, обеспечивает поддержание всех характеристик в течение длительной эксплуатации при температуре до  $1200^\circ\text{C}$ . Однако по условиям работы реакторов пиролиза и газификации требуется более высокий уровень рабочих температур. В этом случае жизненный цикл покрытия снижается. Это обусловлено двумя причинами. Первая – это фазовые превращения, которые происходят при температурах более  $1200^\circ\text{C}$ , когда метастабильная  $t'$ -фаза преобразуется в  $t$ -фазу и далее при охлаждении в кубическую и моноклинную фазу. Вторая – когда заметно повышается агломерационная активность, приводящая к снижению трещиностойкости. С целью повышения рабочей температуры до  $1400^\circ\text{C}$  и выше разрабатывают новые композиционные термобарьерные материалы. Они должны иметь низкую теплопроводность, высокий коэффициент термического расширения, а также низкий модуль Юнга и высокую трещиностойкость. Дополнительно необходима высокая (более  $2000^\circ\text{C}$ ) температура плавления и фазовая стабильность до температуры  $1400^\circ\text{C}$ , а лучше до температуры плавления. Агломерационная активность не должна увеличиваться, а сопротивление химической коррозии оставаться высоким.

Выполненные тесты показали, что покрытие (рис. 9, а), которое разрушается уже через 560 циклов при нагреве – охлаждении с  $1250$  до  $950^\circ\text{C}$  (рис. 9, б), выдерживает длительный режим (100 ч) при температуре  $1600^\circ\text{C}$  (рис. 9, в) с появлением микротрещин. Очевидно, что появление таких микротрещин практически не влияет на работоспособность покрытия.

Настоящее исследование показывает возможность применения термобарьерного покрытия на основе диоксида циркония для за-

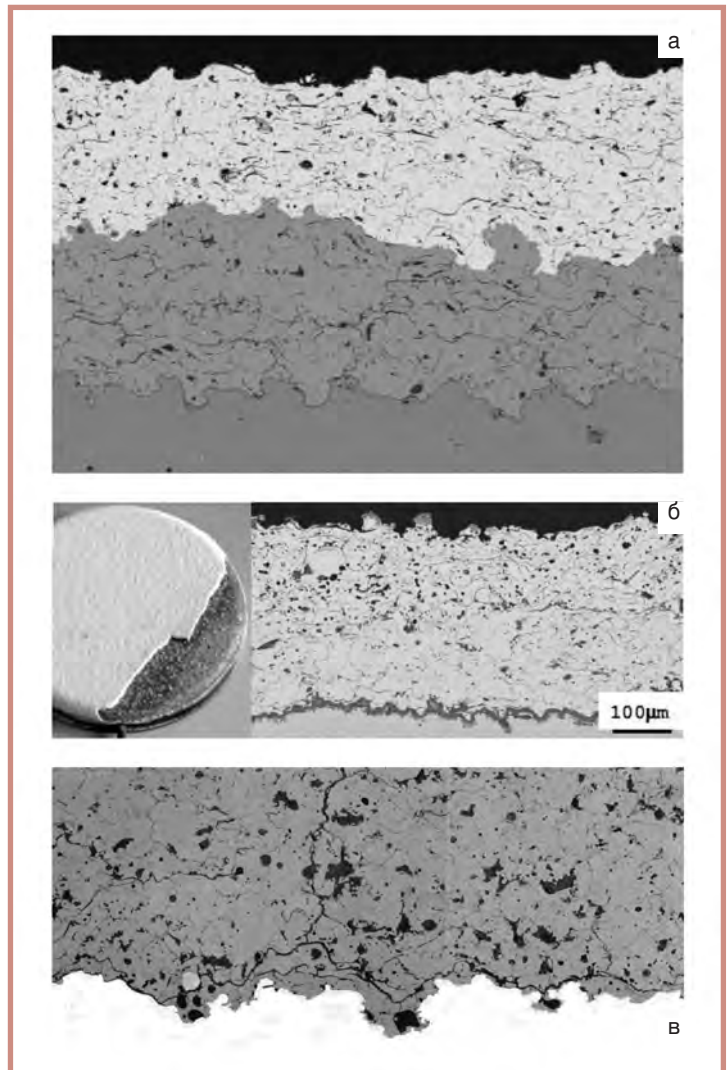
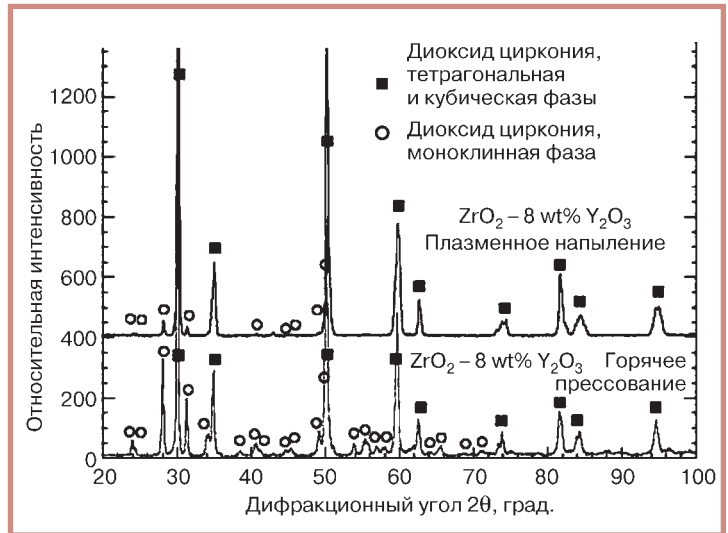


Рис. 9. Исходное покрытие (а), отслоение покрытия при термоциклировании (б), микротрещины в результате перегрева покрытия (в)

щиты рабочих поверхностей высокотемпературных тепловых агрегатов. ● #550



# Применение контактной сварки для изготовления объекта энергетического машиностроения

**Б.В. Федотов, В.В. Михайлов**, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, **В.В. Шарапов, М.С. Золотогоров, И.Н. Егоров**, НПО ЦКТИ им. И.И. Ползунова (Санкт-Петербург)

*Актуальной задачей энергетического машиностроения является повышение термодинамической эффективности оборудования, что позволяет снизить расход топлива. С этой целью в газотурбинных установках (ГТУ) либо повышают параметры цикла (давление и температуру), либо усложняют схему ГТУ.*

В семействе модернизированных энергетических ГТУ мощностью около 1500 кВт для повышения экономичности предложено использовать рекуператор, который обеспечивает степень регенерации в цикле около 0,8. Для оптимизации массогабаритных характеристик рекуператор выполнен пластинчатым с противоточным течением газа и воздуха на основном участке теплообменного элемента.

Каждый теплообменный элемент состоит из двух пластин (панелей), изготовленных из коррозионностойкой аустенитной хромоникелевой стали марки 12X18H10T толщиной 0,8 мм, соединенных по контуру шовной и точечной контактной сваркой (ШКС и ТКС). Обе панели зеркально симметричны, конструкция их после штамповки такова, что после сборки теплообменных элементов в них образуются каналы — интенсификаторы теплообмена, выходящие к двум фланцам, формируемым также при штамповке панелей.

Наличие указанных выше фланцев не позволяет для соединения панелей прочноплотным швом использовать только ШКС. За 25–30 мм до подхода ролика контактной шовной машины к началу фланца процесс ШКС останавливали во избежание риска смятия фланца. Непроваренные участки швов с помощью ШКС сваривали с помощью ТКС с шагом, обеспечивающим взаимное перекрытие точек с целью продолжения прочноплотного сварного шва. Величина шага сварных точек ТКС была выбрана экспериментально с контролем на продольных макрошлифах. При такой технологии прочноплотный сварной шов заканчивался

в непосредственной близости от краев фланцев подачи сжатого воздуха.

Для обеспечения требований ГОСТ 15878 к сварным соединениям панелей теплообменных элементов, выполненных ШКС и ТКС, по величине нахлестки на них при штамповке по всей плоскости разъема выштамповывали фланцы сопряжения зеркально симметричных деталей шириной 10 мм, что позволило вести ШКС и ТКС без выплесков.

В целом была принята следующая принципиальная технология изготовления теплообменных элементов. После штамповки панелей производили механическую зачистку поверхностей фланцев сопряжения панелей с обеих сторон формирования шва и места касания электродов и роликов контактных машин. Затем выполняли сборку зеркально симметричных панелей в единый теплообменный элемент несколькими прихватками малого сечения с помощью аргодуговой сварки неплавящимся электродом на минимально возможной силе тока. После этого проводили ШКС двух швов длиной около 1,5 м каждый, оставляя непроваренными два участка по 25–30 мм, как было отмечено выше. Для выполнения ШКС была использована модернизированная контактная шовная однофазная машина переменного тока МШ-2001 мощностью около 120 кВА на первой ступени регулировки сварочного трансформатора. При ШКС использовали наружное водяное охлаждение роликов, что также снижало тепловложение в сварное изделие, а следовательно, и риск потери устойчивости теплообменного элемента вследствие влияния сварочных напряжений. ТКС выполняли на контактной точечной однофазной машине переменного тока МТ1928. Точечную сварку проводили на завышенной для данной толщины и марки свариваемого металла силе тока вследствие интенсивного шунтирования сварочного тока при столь малом шаге точек. Контактную сварку выполняли в

Таблица. Режимы ШКС и ТКС

Способ сварки	Сила сварочного тока, кА	Длительность импульса или время сварки, с	Длительность паузы, с	Сварочное усилие, даН	Скорость шовной сварки, м/мин
ШКС	8,0–8,5	0,08	0,10	600	0,6
ТКС	6,5–7,0	0,18	–	500	–

лаборатории кафедры «Сварка и лазерные технологии» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

При отработке режимов ШКС и ТКС были проведены макрометаллографические исследования поперечных и продольных сечений образцов-свидетелей, изготавливаемых из той же партии стали, что и штатные конструкции. Исследования проводили на лабораторной базе НПО ЦКТИ им. И.И. Ползунова. Эти исследования показали наличие литой зоны в шве, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 15878, в том числе установлено надежное взаимное перекрытие сварных точек, что является гарантией плотности шва. При этом также

сваривали образцы для разрушения в тисках с помощью зубила и молотка.

В дальнейшем такие образцы с постоянной периодичностью использовали для контроля стабильности качества швов, выполненных ШКС и ТКС. Разрушение образцов происходило всегда с вырывом по границе сплавления. Плотность сварных швов также периодически проверяли керосиновой пробой на специально сваренных образцах-свидетелях «конвертной» конструкции. Окончательно сваренные теплообменные элементы контролировали на герметичность так называемым пузырьковым методом. Режимы ШКС и ТКС приведены в *таблице*. ● #551

*Доклад по этому вопросу был представлен на 13-й международной конференции «Технология ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня», прошедшей в Санкт-Петербурге 12–15 апреля 2011 г. ([www.plasmacentre.ru/conf](http://www.plasmacentre.ru/conf)).*



### ЧерМК получил золото на Международной выставке в Германии за технологию производства сверхпрочной арматуры

Череповецкий металлургический комбинат, один из крупнейших интегрированных сталеплавильных заводов в мире, входящий в состав дивизиона «Северсталь Российская Сталь», получил золотую медаль и «Сертификат за высокий вклад изобретения в область экологии» за технологию производства уникального арматурного проката из стали класса прочности А 600 С на Международной выставке «Идеи-Изобретения — Новые продукты» (IENA-2011) в Нюрнберге, Германия. Технология производства сверхпрочной арматуры была разработана специалистами Центра технического развития и качества, сортопрокатного производства ЧерМК, защищена патентом.

ЧерМК «Северсталь» является единственным производителем арматурного проката А 600 С в России. Он имеет широкую область применения в стройиндустрии. Данный прокат обладает рядом преимуществ: комплекс свойств гарантирует экономию металла у потребителя в среднем до 25%. Кроме того, данный арматурный прокат обладает стойкостью к воздействию высоких положительных и отрицательных температур и может применяться в сейсмически активных районах. Именно за это сочетание особых характеристик инновация ЧерМК «Северсталь» отмечена Сертификатом за высокий вклад изобретения в области экологии.

Серебряными медалями отмечены еще три инновационные разработки. В их числе — технология производства штрипса для труб большого диаметра в соответствии со стандартом DNV 450 (Det Norske Veritas — разработчик международных технических стандартов для судоходства, энергетики и трубопроводного транспорта).

Серебряные медали выставки получили: «Способ изготовления двухслойных горячекатаных листов — биметалл», а также «Способ прокатки, прокатная клеть и нажимное устройство прокатной клетки».

Международная выставка «Идеи — Изобретения — Новые продукты» (IENA-2011) проводилась в период с 27 по 30 октября в Нюрнберге (Германия). Выставка является старейшим и авторитетным мероприятием, проводимым в Европе, на котором демонстрируются только самые новые инновационные достижения в различных областях науки и техники.

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

# Наплавка меди и медных сплавов на сталь

М. У. Булдыжова, ГП Научно-производственный комплекс газотурбостроения «Зоря»—«Машпроект» (Николаев)

*Одним из основных возможных дефектов при наплавке меди и медных сплавов на сталь следует считать образование в стали трещин, заполненных медью или ее сплавами. Это явление объясняется раскисляющим действием жидкой меди, проникающей в микронадрывы в стали по границе зерен при одновременном действии термических напряжений растяжения (эффект Ребиндера).*

В равновесном состоянии при температуре 20 °С медь растворяется в  $\alpha$ -железе в количестве до 0,3%, а железо — в меди в количестве до 0,2%. При этом хрупких интерметаллидов не образуется. В связи с большими скоростями охлаждения при сварке в переходном слое образуется пересыщенный твердый раствор меди с железом, но даже при содержании железа до 2–2,5% структурно свободное железо не обнаружено. Граница сплавления между сталью и медью резкая, с включением фазы, обогащенной железом. Со стороны стали, примыкающей ко шву, размер зерна увеличивается в пределах зоны шириной 1,5–2,5 мм.

Затруднения при сварке и наплавке меди и медных сплавов на сталь связаны с высоким сродством меди к кислороду, низкой температурой плавления меди, значительным поглощением жидкой медью газов, различными коэффициентами теплопроводности, линейного расширения и т. д. В сталях, имеющих повышенное количество легирующих элементов, в частности в сталях типа 12X18H9T, число и раз-

меры трещин заметно возрастают (по сравнению с углеродистыми и низколегированными), что снижает прочность соединений.

Для сталей типа 12X18H9T эффективным средством уменьшения количества трещин является получение ферритной фазы в подслое. Так, при соединении сталей с содержанием феррита свыше 30% проникновение меди в сталь не наблюдается, так как феррит не смачивается медью, и проникновение меди в микронадрывы уменьшается.

При наплавке бронзы БрАМЦ–2 на поршни, втулки, цилиндры из стали 12X18H9T были обнаружены трещины под слоем бронзы на 90% деталей (рис. 1). Для улучшения качества наплавки в качестве подслоя использовали проволоку ЭП–532 (Св–08X25H20СЗР1) с содержанием марганца до 1,5%, кремния — 2,5–3%, никеля — 18–21%.

Никель в жидком металле снижает его поверхностную активность, что уменьшает опасность образования глубоких трещин в стали. Марганец улучшает взаимную растворимость железа и меди в связи с тем, что снижает критическую точку и расширяет область  $\gamma$ -твердого раствора, в котором медь растворяется в значительно большем количестве, а кремний раскисляет сварочную ванну и упрочняет зерна твердого раствора. Оптимальные условия наплавки меди и ее сплавов на сталь требуют, чтобы не было расплавления стали и она хорошо смачивалась.

С этой целью для наплавки меди и ее сплавов на сталь лучше всего применять аргодуговую сварку. Для уменьшения опасности образования в стали трещин рекомендуется сварку вести на минимальной погонной энергии. Деталь перед наплавкой необходимо предварительно подогреть до запотевания (рис. 2).

Таким образом, удалось выполнить высококачественную наплавку бронзы БрАМЦ–2 на детали из сталей 12X18H9T, 12X18H10T через подслоя, наплавляемый проволокой ЭП–532.

● #552

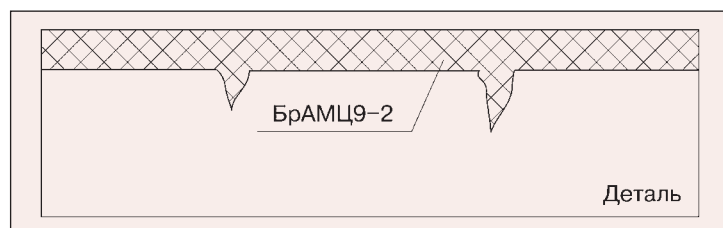


Рис. 1. Образование трещин при наплавке бронзы



Рис. 2. Общий вид поршня с наплавкой подслоя из бронзы





## Надежное оборудование для сварки и плазменной резки:



### Установка плазменной резки УПР-151УЗ

- бесконтактное (осцилляторное) зажигание дуги;
- резка металла толщиной до 50мм;
- три ступени тока резки - 50А, 90А и 150А;
- продолжительный режим работы.



### Выпрямитель для сварки и плазменной резки ВДПР-306УЗ

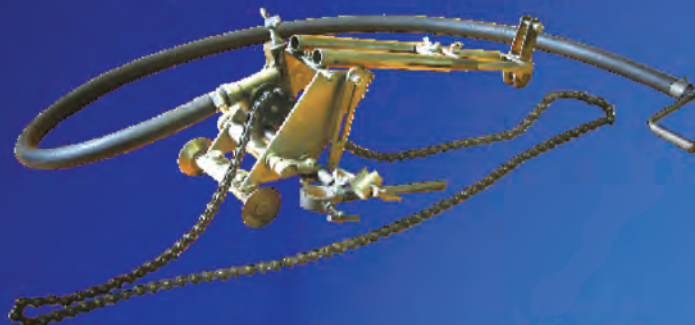
- контактное зажигание дуги;
- резка металла толщиной до 25мм;
- резка тонких листов толщиной 0,5-1,5 мм;
- сварка постоянным током 70 - 315А.



### Агрегат для сварки и плазменной резки АДПР-2x2501ВУ1

- контактное зажигание дуги;
- два поста ручной дуговой сварки по 250А или один пост плазменной резки;
- разделительная резка металлов толщиной до 25мм;
- встроенные компрессор с ресивером;
- вспомогательный генератор на 6кВт, 380В, 50Гц;
- встроенный термопепал на 8 кг электродов.

### Для механизированной резки труб с формированием разделки:



### Машинка для резки труб МРТ-01

- предназначена для газовой или плазменной резки стальных труб с наружным диаметром от 219 до 1420мм в полевых условиях;
- малогабаритная, вес 3,8кг;
- ручной привод от гибкого вала;
- перемещается по цепи;
- быстрая доставка к месту проведения работ и установка на трубу;
- резка под углом к поверхности трубы.

Все установки имеют систему подготовки воздуха: регулятор давления, фильтры очистки воздуха.  
**Температура эксплуатации от -40 до +40°С.**

**Учебный центр ЗАО "Уралтермосвар" предлагает свои услуги в обучении Ваших специалистов работе на выпускаемом заводе оборудовании.**





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

## Разработка и изготовление оборудования

для механизированной дуговой наплавки



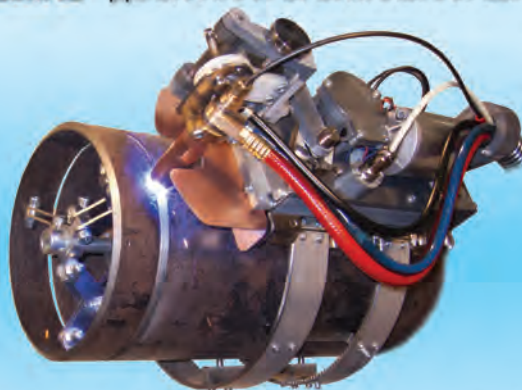
◀ РМ-11

Комплексы оборудования для изготовления и модернизации установок наплавки прокатных валков, позволяющие из отдельных агрегатов собрать новый станок или выполнить модернизацию существующего



РМ-12 ▶

## OrbiMAG – ДОСТУПНАЯ ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА



- Аттестованные квалифицированные сварщики не требуются!
- Автоматическая сварка неповоротных стальных труб методом MAG диаметром более 100 мм
- Строительство трубопроводов, газопроводов, нефтепроводов, водопроводов, теплотрасс и т.п.
- Сварка корневого шва с зазором без медной подкладки по инновационной немецкой технологии EWM-pipeSolution®
- Сварка заполняющих и лицевых слоёв рутиловой порошковой проволокой
- Высокая производительность, средний расход присадочных материалов на уровне 3 кг/час
- Plug & Weld. Эксплуатировать может любой грамотный специалист
- Доступная цена, короткий срок окупаемости

Больше информации на [www.otm-co.net](http://www.otm-co.net)



OTM компания

ул. Чернышевская 13, Харьков

тел./факс: +380 (57) 7807081

# информационно-технический журнал Сварщик® в России

## ВНИМАНИЕ!!!

Продолжается подписка на 2012 год на журнал «Сварщик в России».

Подписной индекс 20994 в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс K0103 в каталоге российской прессы «Почта России»: персональная подписка

Если Вы держите в руках этот номер журнала, то сможете получить 10% скидку на годовую подписку «Сварщика в России» и на публикацию рекламы своего предприятия или продукции.

### Льготный купон

Предприятие.....  
Ф.И.О. ....  
Тел./факс .....  
Почтовый адрес .....  
E-mail .....

Льготный купон направляйте по адресу редакции: 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19 или по факсу: +7 (499) 922-69-86. E-mail: ctt94@mail.ru. [www.welder.msk.ru](http://www.welder.msk.ru)

# Оценка внутренних дефектов в стыковых сварных соединениях сосудов

В.М. Долинский, канд. техн. наук, В.Н. Стогний, В.И. Черемская, ПАО «УкрНИИХиммаш» (Харьков)

*В соответствии с НПАОП 0.00-1.07-94. «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» контроль качества сварных соединений сосудов осуществляют радиографическим и ультразвуковым методами. Наибольшее распространение получил ультразвуковой метод, особенно в тех случаях, когда контроль качества выполняют на производстве при эксплуатации промышленных объектов.*

Согласно отраслевому стандарту ГСТУ 3-037-2003 «Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Методика ультразвукового контроля сварных соединений» отбраковку сварных соединений осуществляют в зависимости от амплитуды эхо-сигнала, соответствующей условной площади дефекта. Величину допустимой площади дефекта  $F_0$  — предельная чувствительность — выбирают в зависимости только от одного параметра — толщины стенки сосуда. Такой выбор браковочного параметра может быть приемлемым в условиях изготовления оборудования, так как увеличение площади дефекта (больше предельной чувствительности) свидетельствует о нарушении технологии сварки и необходимости корректировки процесса изготовления соответствующего объекта.

Для сосуда, находящегося в эксплуатации, важен другой критерий качества — работоспособность (прочность) сварного соединения. Очевидно, прочность сварного соединения не определяется только толщиной стенки. Она зависит от целого ряда параметров: формы конструкции, ее габаритных размеров, нагрузки, свойств материала. Методика расчета сварных соединений приводится в различных источниках (см. В.М. Долинский, В.И. Черемская. Оценка качества сварных соединений сосудов и трубопроводов по результатам технического диагностирования // Сварщик. — 2005. №2. С. 6–9). Разработан также стандарт СОУ ОАО «УкрНИИХиммаш»-007:2010 «Сосуды. Аппараты. Трубопроводы. Нормы и ме-

тоды расчета на прочность. Расчет сварных соединений, содержащих дефекты», позволяющий оценить работоспособность сварных соединений.

Стремление избежать определенных трудностей расчета в ряде случаев приводит к движению по направлению наименьшего сопротивления, когда в качестве критерия прочности сварных соединений выбирают предельную чувствительность  $F_0$ , что, как будет показано ниже, в некоторых случаях приводит к нарушению условий прочности и ускоренному разрушению сварных швов. Но в большинстве случаев это ведет к необоснованному ремонту, что сопровождается повышенными затратами и увеличением сроков простоя технологического оборудования.

В данной работе рассмотрен легко определяемый параметр — степень нагруженности оборудования  $G$ , который учитывает геометрию конструкции, действующую нагрузку, температуру и свойства материала. С помощью указанного параметра построена номограмма, которая позволяет определять допускаемую площадь дефекта  $[F]$  по условиям работоспособности сосудов, что в значительной степени облегчает оценку прочности сварных соединений.

В соответствии с СОУ допускаемая высота дефекта (рис. 1)

$$[B] = (1 - G/[n]) \cdot S, \quad (1)$$

где  $G$  — степень нагруженности конструкции,  $G = \sigma_n / [\sigma]$ ;  $\sigma_n$  — номинальные напряжения в сечении, не ослабленном дефектом;  $[\sigma]$  — допускаемые напряжения;  $S$  — толщина стенки сосуда;  $[n]$  — запас прочности,  $[n] = 1,5$  по ГОСТ 14249-89 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность».

При этом в соответствии с приложением к ГСТУ 3-037-2003 условия прочности выполняются при  $10^4$  циклов нагружений.

Таким образом, если в результате ультразвукового контроля определена высота дефекта, то она легко может быть сопоставлена с допускаемой высотой по формуле (1).



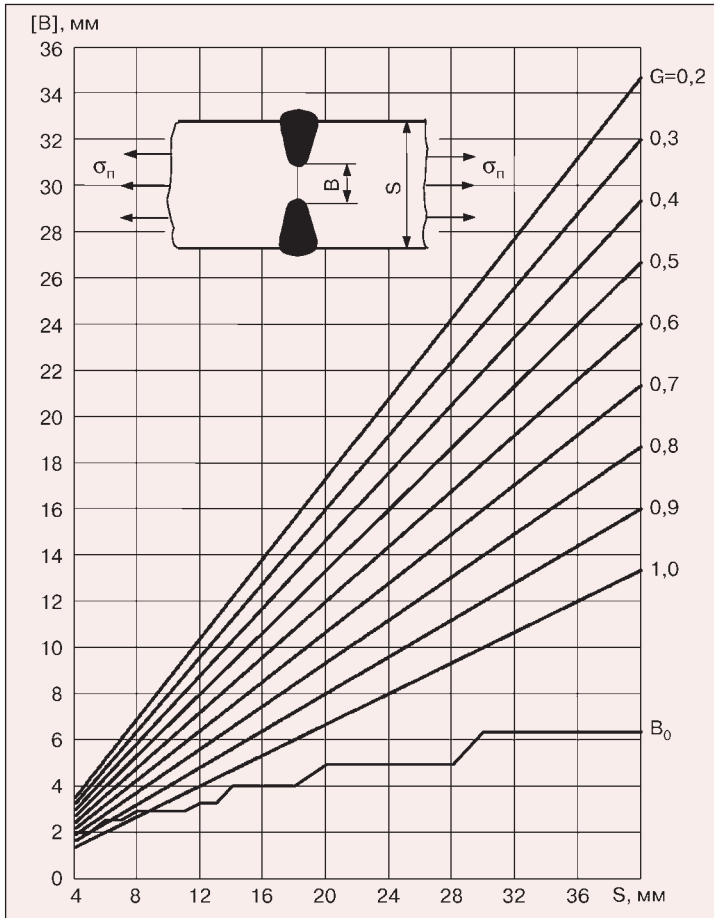


Рис. 1. Допускаемая высота дефекта при различной нагруженности конструкции: [B] — допускаемая высота дефекта по СОУ ОАО «УкрНИИхиммаш»-007:2010;  $B_0$  — допустимое значение высоты дефекта по ГОСТУ 3-037-2003

В ряде случаев по результатам ультразвукового контроля указывается условная площадь дефекта  $F$ . Тогда соответствующая ей высота дефекта  $B$  с некоторым запасом может быть определена на основе ряда контрольных экспериментов, проведенных УкрНИИхиммашем по формуле

$$B = 2 \cdot (F/N)^{1/2}, \quad (2)$$

где  $N$  — коэффициент, определяемый углом ввода луча по ГОСТУ 3-037-2003.

Затем проверяют условие допустимости дефекта  $B \leq [B]$ .

В этом ГОСТУ приведена также допустимая площадь дефекта  $F_0$  (предельная чувствительность) в зависимости от толщины стенки сосуда. По формуле (2) при  $F = F_0$  может быть определено соответствующее нормативное значение допустимой высоты дефекта  $B_0$  (см. рис. 1).

Как видно из приведенных результатов, для слабо нагруженных конструкций ( $G \leq 0,8$ ) допускаемые высоты дефектов могут быть значительно больше нормативного значения  $B_0$ . Для сосудов с толщиной стенки более 10 мм допускаемая высота дефектов при любой степени нагруженности больше нормативного значения. В области малых толщин ( $S \leq 10$  мм) и при большой

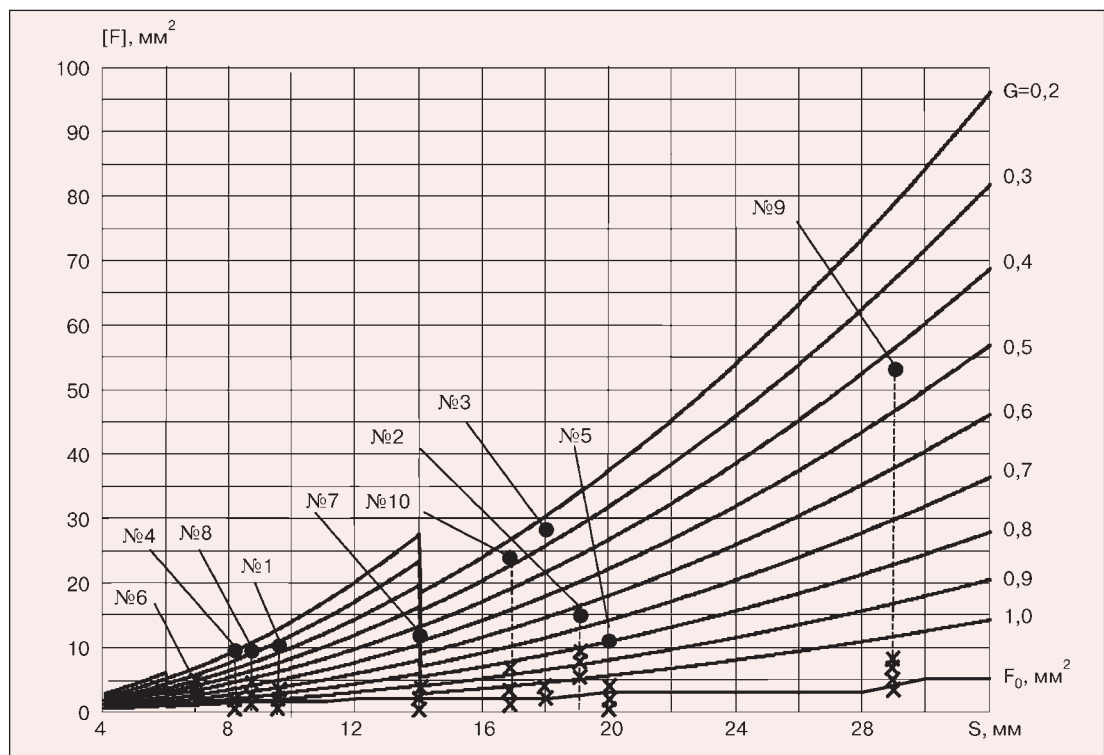


Рис. 2. Допускаемая площадь дефекта при различной нагруженности конструкции: [F] — допускаемая площадь дефекта;  $F_0$  — предельная чувствительность. №1–10 — порядковый номер обследованного оборудования (см. таблицу): ● — значения, соответствующие допускаемой площади дефекта; × — точки, соответствующие выявленной площади дефекта

Таблица. Результаты контроля и расчеты сварных швов сосудов

№	Сосуды (№1÷№10) с обнаруженными дефектами						
1	Бочка жидкого хлора зав. №30, $F_0 = 1,6 \text{ мм}^2$ , $[F] = 9,77 \text{ мм}^2$ , $G=0,36$ , $S=9,5 \text{ мм}$ (Управление водного хозяйства «Донец», пос. Кочеток Харьковской обл.)						
	Годы обследования	1998		2000		2002	
	F, мм <sup>2</sup>	1,79		2,01		2,54	
2	Танк для хранения жидкого хлора зав. №37, $F_0 = 3,0 \text{ мм}^2$ , $[F] = 15,2 \text{ мм}^2$ ; $G=0,62$ , $S=18,8 \text{ мм}$ (Управление водного хозяйства «Донец», пос. Кочеток Харьковской обл.)						
	Годы обследования	1997	1999	2001		2002	
	F, мм <sup>2</sup>	5,99	5,99	6,72		9,49	
3	Резервуар сжатого воздуха зав. №4842, $F_0 = 2,0 \text{ мм}^2$ , $[F] = 27,7 \text{ мм}^2$ , $G=0,26$ , $S=18,0 \text{ мм}$ (Одесский припортовый завод)						
	Годы обследования	1996	1998	2000		2002	
	F, мм <sup>2</sup>	3,17	3,56	3,56		3,56	
4	Конденсатор пара поз. 180-FC, зав. №998, $F_0 = 1,6 \text{ мм}^2$ , $[F] = 9,9 \text{ мм}^2$ , $G=0,17$ , $S=8,2 \text{ мм}$ (Одесский припортовый завод)						
	Годы обследования	2000	2002	2004	2006	2008	2009
	F, мм <sup>2</sup>	1,6	1,6	1,27	1,6	1,8	1,8
5	Теплообменник поз.114-С, зав. №11149, $F_0 = 3,0 \text{ мм}^2$ , $[F] = 11,1 \text{ мм}^2$ , $G=0,79$ , $S=20 \text{ мм}$ (Одесский припортовый завод)						
	Годы обследования	1999	2001	2003	2005	2007	
	F, мм <sup>2</sup>	3,78	3,78	3,78	4,24	4,24	
6	Холодильник Т-50/2 зав. №6772, $F_0 = 1,6 \text{ мм}^2$ , $[F] = 3,38 \text{ мм}^2$ , $G=0,55$ , $S=6,7 \text{ мм}$ (ПАО «Укртатнафта», Кременчуг)						
	Годы обследования	2003		Выполнен ремонт			
	F, мм <sup>2</sup>	4,51					
7	Колонна К-2, зав. №83482, $F_0 = 2,0 \text{ мм}^2$ ; $[F] = 12,0 \text{ мм}^2$ ; $G=0,46$ , $S=14,1 \text{ мм}$ (ОАО «Укртатнафта», Кременчуг)						
	Годы обследования	2002	2003	2007		2011	
	F, мм <sup>2</sup>	3,17	2,83	3,99		3,56	
8	Подогреватель поз. Т20/1 зав. №54129, $F_0 = 2,0 \text{ мм}^2$ , $[F] = 9,11 \text{ мм}^2$ , $G=0,27$ , $S=8,5 \text{ мм}$ (ПАО «Укртатнафта», Кременчуг)						
	Годы обследования	2003		2005		2007	
	F, мм <sup>2</sup>	2,52		3,17		5,0	
9	Холодильник Х-1/2 зав. №11244, $F_0 = 3,0 \text{ мм}^2$ , $[F] = 52,9 \text{ мм}^2$ , $G=0,45$ , $S=29,4 \text{ мм}$ (ПАО «Укртатнафта», Кременчуг)						
	Годы обследования	2003	2005	2007		2009	
	F, мм <sup>2</sup>	4,76	6,72	7,54		8,46	
10	Ректификационная колонна К-8 зав. №5010, $F_0 = 2,0 \text{ мм}^2$ , $[F] = 23,4 \text{ мм}^2$ , $G=0,27$ , $S=16,7 \text{ мм}$ (ПАО «Укртатнафта», Кременчуг)						
	Годы обследования	2005		2007		2009	
	F, мм <sup>2</sup>	1,59		4,48		7,10	

степени нагруженности объекта ( $G \geq 0,8$ ) значения нормативной высоты дефекта  $B_0$  несколько больше допустимого значения.

Аналогичный результат наблюдается при сопоставлении предельной чувствительности с допустимой площадью дефекта  $[F]$ , определяемой по формуле

$$[F] = 0,25 \cdot N \cdot S^2 \cdot (1 - G/[n])^2. \quad (3)$$

На протяжении двух десятков лет УкрНИИХиммаш при диагностировании промышленного оборудования занимается оценкой работоспособности оборудования химических производств на основе разработанной

методики. Как показывает опыт, в промышленности работают сотни сосудов с дефектами, превышающими допустимые значения  $F_0$  по ГСТУ 3-037-2003, но не превышающие допустимые значения  $[F]$  по СОУ ОАО «УкрНИИХиммаш»-007:2010. На примере результатов периодического контроля десяти объектов промышленного оборудования, осуществляемого через один, два и четыре года эксплуатации (рис. 2, таблица), подтверждена целесообразность применения принятой методики. Это позволяет рекомендовать ее для широкого использования в практике диагностирования сосудов. ● #553

# Установки УД681 и УД683 для автоматической дуговой наплавки круговых уплотнительных поверхностей в отверстиях трубопроводной арматуры

В.С. Романюк, А.В. Семенов, В.А. Ткаченко, А.К. Полищук, Т.Н. Пирумова,  
ГП ОКБ ИЭС им. Е. О. Патона

Установки УД681 и УД683 представляют собой комплекс, состоящий из сварочной головки, двухкоординатного манипулятора, станины, вращателя, зажимного устройства, системы управления. Установки универсальны и могут быть использованы для наплавки как внутренних, так и наружных кольцевых поверхностей разного профиля.

Наплавку круговых уплотнительных поверхностей в глубоких отверстиях корпусов арматуры с целью обеспечения их износостойкости осуществляют в автоматическом режиме, по заранее введенной (или вызван-

ной из памяти) программе, составленной для каждого типоразмера наплавляемого корпуса, что обеспечивает высокое качество наплавки. Загрузку и выгрузку наплавляемых корпусов арматуры оператор выполняет вручную (рис. 1). Для наплавки используют специальную порошковую проволоку, разработанную специалистами ИЭС им. Е. О. Патона. Предусмотрена защита аргоном дуги и места наплавки. Штампованные заготовки корпусов арматуры поступают на наплавку с механически обработанными наплавляемыми и базовыми поверхностями. Температура предварительного нагрева заготовок корпусов перед наплавкой зависит от типоразмера наплавляемого корпуса (согласно технологии наплавки данного типоразмера).

Программы для конкретного типоразмера корпуса арматуры записывает оператор установки при помощи корпуса шаблона и «Технологической инструкции» на наплавку.

Программируемыми параметрами являются:

- положение горелки по вертикали;
- положение горелки по радиусу наплавляемой поверхности;
- скорость вращения корпуса;
- число оборотов изделия;
- подъем горелки за время каждого оборота корпуса;
- сила сварочного тока при каждом обороте изделия;
- скорость подачи порошковой проволоки.

Установки УД681 и УД683 (рис. 2, 3, таблица) комплектуют сменными наплавочными мундштуками для наплавки круглых отверстий с разными диаметром и глубиной расположения наплавляемой поверхности. Уникальная конструкция мундштуков, как и самих установок, была разработа-

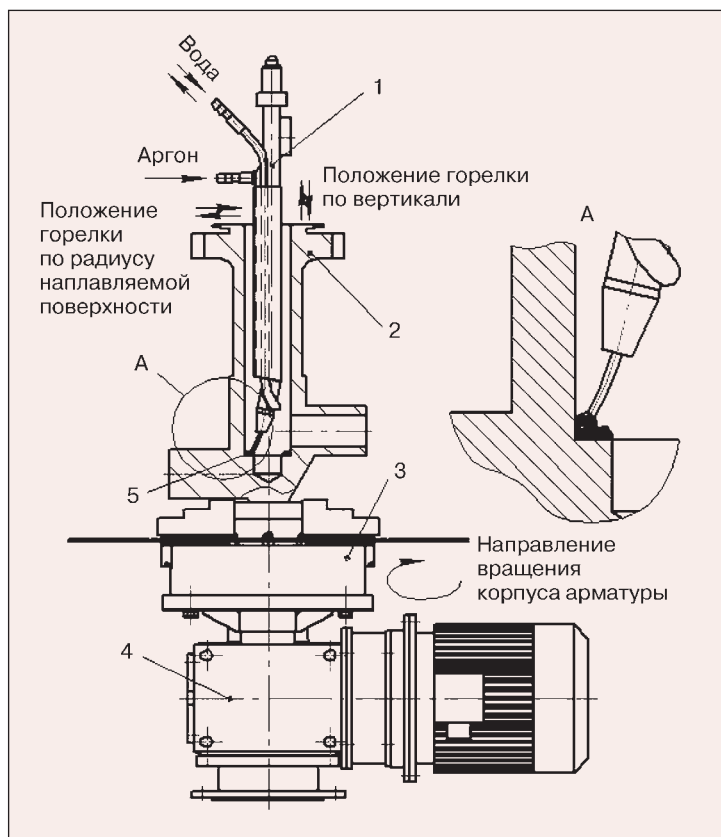


Рис. 1. Схема наплавки корпуса арматуры: 1 — мундштук; 2 — корпус арматуры; 3 — зажимное устройство; 4 — вращатель; 5 — наплавляемая поверхность





Рис. 2. Установка УД681



Рис. 3. Установка УД683

Таблица. Техническая характеристика установок

Параметр	УД 681	УД 683
Условный проход наплавляемых деталей	Ду 18 — Ду 32	Ду 65 — Ду 150
Температура наплавляемых деталей, °С, не более	500	700
Масса наплавляемых деталей, кг	Не более 20	20–150
Способ наплавки	Дуговой, порошковой проволокой в среде защитного газа	
Сила сварочного тока, А, не более	450	500
Диаметр электродной проволоки, мм:		
порошковой	2,0–3,0	
сплошной	1,2–1,6	
Скорость вращения наплавляемой детали, об/мин	0,5–20	0,3–3
Управление процессом наплавки	Программное	
Загрузка-выгрузка детали	Вручную	

на специалистами отдела сварочной аппаратуры №175 ГП ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона. Данные мундштуки позволили наплавлять изделия, которые ранее наплавлялись только вручную, что повысило производительность и качество наплавки.

Выбор установки зависит от типоразмера наплавляемого корпуса. В установках применены комплектующие ведущих зарубежных и отечественных производителей.

Установки были разработаны и внедрены по заказу ЗАО «КЦКБА» (Киев). ● #554

# Порошковая проволока для наплавки деталей из марганцовистых сталей

П.А. Косенко, Н.А. Соловей, Л.И. Чепурко, Ю.Н. Коваленко,

ГП «Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины»

*Увеличение срока службы быстроизнашивающихся деталей — важнейшая проблема современного машиностроения. Из-за изнашивания деталей и остановок оборудования, связанных с его ремонтом, ежегодные убытки в промышленности всех стран мира составляют миллиарды долларов. Особенно важно обеспечить достаточно длительные сроки службы таких деталей в горнорудной и металлургической отраслях промышленности, на железнодорожном транспорте.*

Наиболее широко применяемым в этих отраслях износостойким материалом является марганцовистая аустенитная сталь марки 110Г13Л (или сталь Гадфильда). Эта сталь содержит 11–14% марганца и 1,0–1,4% углерода (рис. 1). Некоторые марки этой стали могут также содержать и другие легирующие элементы. Сталь имеет исключительную способность — упрочняться под действием рабочих нагрузок (ударов или контактных нагрузок). Подобное упрочнение позволяет использовать эту сталь для работы в тяжелых условиях: в горнодобывающей промышленности (молотки, молоты, ковши драг, зубья землеройных машин) и на железной дороге (рельсы, крестовины).

Ремонт деталей из марганцовистых сталей обычно включает восстановление первоначальной формы детали, заварку трещин или других дефектов, наплавку поверхностных слоев. Один из наиболее эффективных способов ремонта и упрочне-

ния — электродуговая наплавка. Механизированная наплавка самозащитной порошковой проволокой по сравнению с ручной дуговой наплавкой и автоматической наплавкой имеет такие преимущества:

- более высокую производительность;
- относительно небольшую стоимость работ;
- возможность наплавки практически любого сплава во всех пространственных положениях;
- несложное, недорогое и компактное оборудование, позволяющее проводить наплавку «по месту».

Для устранения износа и ремонта деталей используют аустенитную порошковую проволоку. При наплавочных работах необходимо выполнять рекомендации по обеспечению минимального тепловложения, недопустимости разогрева изделия до температуры более 200°C и по применению сопутствующего охлаждения. Для уменьшения тепловложения в основной металл необходимо использовать проволоку относительно малого диаметра (до 2,0 мм).

Следует отметить, что для выполнения сварочных ремонтных работ по восстановлению узлов и деталей производственного оборудования предприятия в последнее время часто используют импортное оборудование (полуавтоматы для механизированной сварки), предназначенное для работы с проволокой относительно малого диаметра (до 1,6–2,0 мм). Учитывая вышесказанное, а также в связи с появлением заказов потребителей на наплавочную порошковую проволоку для восстановления и наплавки деталей из марганцовистых сталей, работающих на износ, сочетающийся с сильными ударами, на Опытном заводе сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины была разработана и испытана такая проволока. Необходимыми условиями при этом были:

- порошковая проволока должна использоваться без дополнительной защиты сварочной ванны (самозащитная);

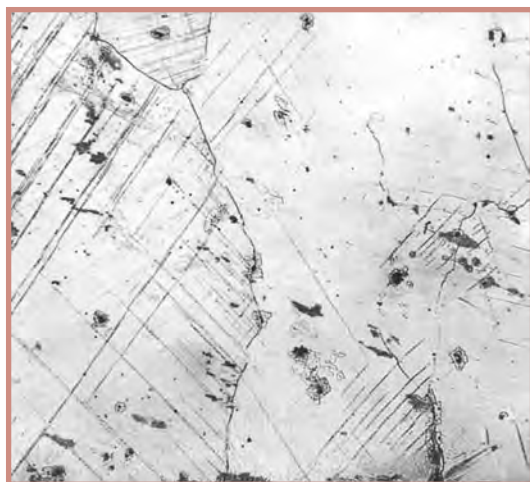


Рис. 1. Микроструктура основного металла для выполнения наплавки (сталь 110Г13Л)



- диаметр порошковой проволоки должен быть 1,6 мм (для минимального теплового вложения в деталь и предотвращения охрупчивания);
- твердость до наклепа 200–250 HV (16–25 HRC), после наклепа – 300–500 HV (33–48 HRC);
- отсутствие или минимальное количество трещин в наплавленном металле;
- относительно небольшое газовыделение при сварке;
- получение относительно широкого наплавленного валика (8–10 мм).

Первые опытные образцы, сваренные самозащитной порошковой проволокой, удовлетворяли большинству предъявляемых требований, но в наплавленном металле присутствовало недопустимое количество микротрещин (рис. 2), что неизбежно привело бы к разрушению и выкрашиванию наплавленного металла в процессе эксплуатации. К тому же, отсутствие или минимальное количество трещин в наплавленном металле и на границе сплавления между основным металлом и наплавленным было одним из основных требований, предъявляемых к проволоке. Также в процессе наплавки наблюдалось относительно обильное газовыделение, что было неприемлемо с точки зрения безопасности труда. Для устранения этих недостатков была проведена соответствующая доработка данной порошковой проволоки.

В результате корректировки и доработки была изготовлена небольшая опытно-промышленная партия порошковой проволоки, одна часть которой была направлена потенциальному заказчику для испытаний и оценки, а другая – прошла полные испытания в лаборатории завода. Удалось добиться, в одних случаях, практически полного отсутствия трещин, в других – их незначительного количества (рис. 3 и 4). При выполнении трехслойной наплавки опытной порошковой проволокой полученный валик имел ширину до 10 мм и твердость в третьем слое (типичная твердость) до наклепа 226 HV (22 HRC), а после наклепа 320 HV (35 HRC).

Данная порошковая проволока, удовлетворяющая всем предъявляемым требованиям, при испытаниях показала также довольно высокие сварочно-технологические свойства: легкое зажигание дуги, стойкое и стабильное горение дуги, незначительное разбрызгивание расплавленного металла, «мягкое» горение дуги, хорошее отделение шлаковой корки.

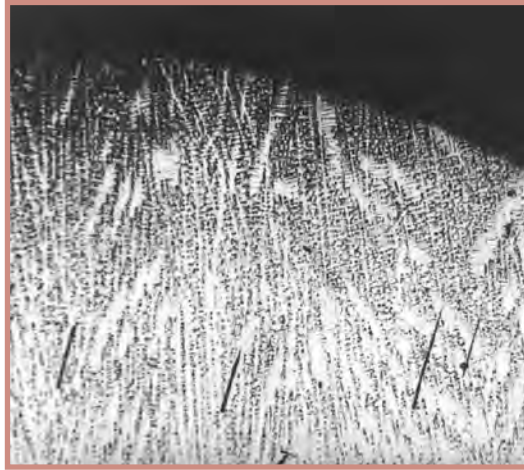


Рис. 2. Микротрещины в третьем слое наплавленного опытной порошковой проволокой металла

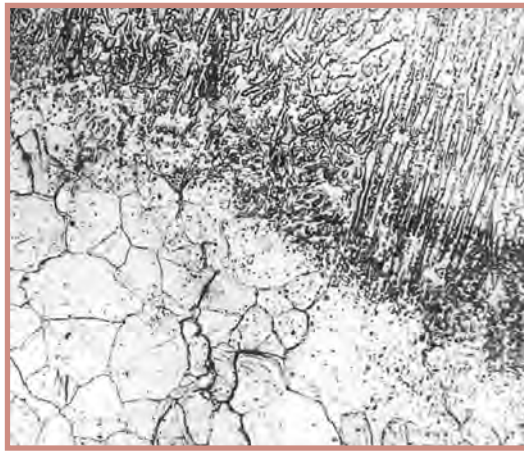


Рис. 3. Граница сплавления между основным металлом и первым слоем наплавленного металла

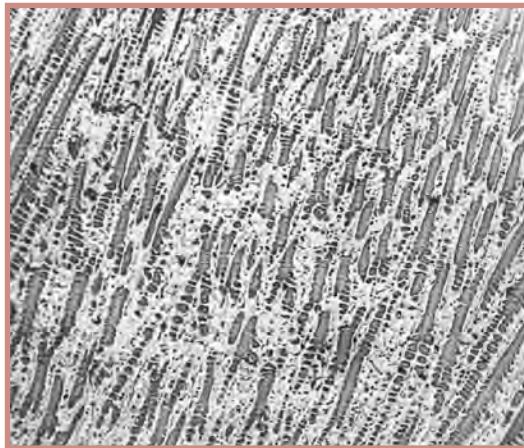


Рис. 4. Микроструктура третьего слоя наплавленного металла

После проведения испытаний в независимой организации разработанную на ОЗСМ самозащитную порошковую наплавочную проволоку положительно оценил и потенциальный заказчик. ● #555



# Производство электродов в ПАО «ПлазмаТек»

**В.П. Слободянюк**, ПАО «ПлазмаТек» (Винница), **Н.В. Скорина**, канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины

*В этом году Публичному акционерному обществу «ПлазмаТек» исполнилось 10 лет. Как производитель электродов оно организовано на базе завода «Агро-маш» в пгт Рудниця Винницкой обл., который наряду с продукцией сельскохозяйственного машиностроения изготовлял электроды марки АНО-4. В течение последующих лет в развитие предприятия вложены существенные инвестиции, позволившие ему превратиться в современную фирму по производству электродов с наибольшими в Украине объемами продаж.*

Технологическая схема изготовления электродов в ПАО «ПлазмаТек» включает традиционный цикл производства. Производство оснащено соответствующим технологическим, аналитическим и испытательным оборудованием. Это прессы ПЭО 2000 и ПЭО 1000 фирмы «Вэлма» (рис. 1) для нанесения покрытия на стержни электродов; восьмибарабанный стан АТ 8/460 итальянской фирмы Mario Frigègio; испытательные приборы и машины, частности, денсиметры, вискозиметр, рассеивающая машина, рентгеновский спектрометр «Spectromax» (Германия) (рис. 2); прецизионный рентгеновский анализатор состава Expert 3L; разрывная машина Р5М, маятниковый копер 2010 КМ-30 (рис. 3) и др. В последнее время закуплены и смонтированы две импортные линии фирмы «Манца-Судаж», укомплектованные электрообмазочными прессами В220 и В80.

Технологическая и испытательная лаборатории контролируют характеристики жидкого стекла и зерновой состав порошков электродных покрытий, химический состав проволоки и наплавленного металла, механические свойства и твердость металла шва и др. Измерительная производственная

лаборатория ПАО «ПлазмаТек» аккредитована на проведение измерений в сфере распространения Государственного метрологического надзора.

Основная доля (свыше 60%) общего объема электродов, изготавливаемых ПАО «ПлазмаТек», приходится на электроды Монолит РЦ с рутилцеллюлозным покрытием, разработанные ИЭС им. Е.О. Патона. Электроды относятся к типу Э46 (ГОСТ 9467-75), обладают высокими сварочно-технологическими свойствами при сварке во всех пространственных положениях, включая вертикальные швы способом «сверху вниз», и, как показывают сравнительные испытания, по оперативным харак-

теристикам не уступают лучшим образцам европейских производителей. Наряду с этим изготавливаются известные на постсоветском пространстве электроды АНО-21, АНО-4, МР-3, а также разработанные ПАО «ПлазмаТек» новые для этого сектора рынка электроды с рутиловым покрытием марки «Монолит Эксклюзив». Указанные электроды характеризуются превосходными оперативными характеристиками при сварке во всех пространственных положениях, исключая вертикальные нисходящие швы. Механические свойства швов, выполненных этими электродами, отвечают требованиям к типу Э50 (ГОСТ 9467-75).

С 2010 г. на предприятии налажено производство электродов УОНИ 13/55 с основным типом покрытия. В 2011 г. планируется завершить освоение технологии производства электродов, предназначенных для сварки высоколегированных сталей и чугуна. В апреле с.г. выпущена первая промышленная партия электродов марки ЦЛ-11, а в декабре — электродов ЦЧ-4 для сварки чугуна. В перспективе марочный состав



Рис. 1. Линия изготовления электродов на прессе ПЭО1000



Рис. 2. Рентгеноспектрометр «Spectromax»



Рис. 3. Разрывная машина Р5М и маятниковый копер 2010 КМ-30

электродов будет перманентно расширяться в соответствии с запросами рынка.

В 2010 г. общий объем выпуска электродов на ПАО «ПлазмаТек» достиг 13,5 тыс. т. Типоразмеры электродов охватывают диаметры от 2 до 5 мм. ПАО «ПлазмаТек» приобрело контрольный пакет акций Светлогорского завода сварочных электродов в Республике Беларусь. Проведена его модернизация, смонтированы и пущены в эксплуатацию две технологические линии, налажено производство электродов марки МР-3, МР-3 Плазма и АНО-21 под торговым брендом «Континент».

На всю продукцию ПАО «ПлазмаТек» получило сертификаты соответствия в системе УкрСЕПРО, выданные ГП НТЦ «СЕПРОЗ» НАН Украины, сертификаты соответствия Республики Беларусь, выданные Органом по сертификации продукции сварочного производства ГНУ ИПМ, сертификат соответствия ГОСТ Р, выданный ФГУ Российский Морской Регистр судоходства. Электроды Монолит РЦ сертифицированы Институтом сварки Польши, на них также получен сертификат соответствия европейским нормам EN 13479.

ПАО «ПлазмаТек» разработало и наладило систему менеджмента качества, разработанную в соответствии с положениями ДСТУ ISO9001:2008, которая сертифицирована TUV Rheinland Inter Kft. Функциональная схема системы управления качеством ПАО «ПлазмаТек» показана на рис. 4.

Применение качественного сырья для изготовления электродов является непременным условием на предприятии. В связи с этим его приобретают у проверенных и надежных поставщиков. Параллельно с основной производственной деятельностью по изготовлению электродов ПАО «ПлазмаТек» развернуло работы по созданию собственной материально-технической базы, способной обеспечить запросы электродного производства в качественном сырье. Ниже изложены результаты этой деятельности, достигнутые на сегодняшний день.

**Сварочная проволока.** Изготавливается из катанки, поставляемой, главным образом, ОАО «Арселор Миттал Кривой Рог», Макеевским металлургическим комбинатом и СЗАО «Молдавский металлургический завод». Совместно с ООО «Новые техно-

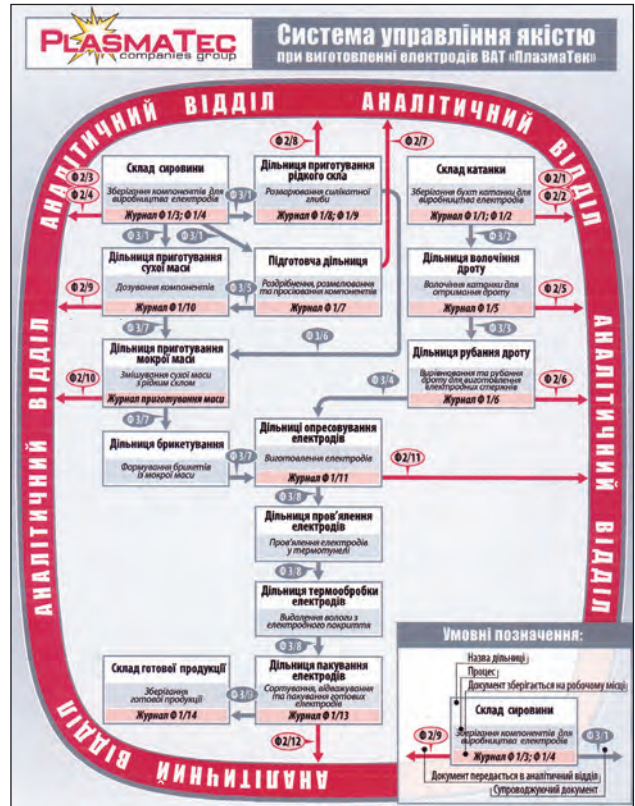


Рис. 4. Структура системы управления качеством по ДСТУ ISO 9001:2008

логии и инвестиции» ПАО «ПлазмаТек» участвует в опытных работах по совершенствованию технологии производства катанки в ОАО «Арселор Миттал» с целью улучшения ее качества.

**Рутиловый концентрат.** На предприятие концентрат поставляет в основном «Вольногорский ГМК ЗАО «Крымский титан», часть рутила ПАО «ПлазмаТек» закупает у других поставщиков. Сравнительная характеристика химического состава рутилового концентрата приведена в табл. 1. Как видно из табл. 1, самым высоким качеством обладают концентраты из Сьерра-Леоне, ЮАР и Индии. На этом же уровне находится концентрат Демуровской обогатительной фабрики Новоандреевского карьера титаноциркониевых руд в Днепропетровской обл.

**Жидкое стекло.** Для изготовления электродов ПАО «ПлазмаТек» применяет калиевое и калиево-

Таблица 1. Химический состав рутилового концентрата различных поставщиков

Поставщик	Массовая доля, %								
	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Вольногорский ГМК (по ТУ У 14-10-016-98)	94,0	1,82	0,95	1,10	0,30	0,42	0,72	0,027	0,036
Сьерра-Леоне	94,5	0,49	0,33	0,61	0,56	0,22	1,00	0,011	0,013
ЮАР	95,6	0,38	0,52	0,45	0,35	—	—	0,010	0,010
Satyanaarayan Imprex PVT Ltd, Индия	94,7	1,43	1,18	0,90	1,07	0,47	1,09	0,022	0,043
ООО «Демуровская ОФ», ГОСТ 22938-78	94,4	1,79	1,23	0,70	0,30	0,40	0,72	0,018	0,028
Республика Казахстан	83,1	8,2	2,80	1,98	1,06	0,57	0,41	0,91	0,058



**Таблица 2. Санитарно-гигиенические характеристики электродов Монолит РЦ**

Состояние	Валовые выделения ТССА, г/кг	Валовые выделения $MnO_2$ , г/кг	Интенсивность выделения ТССА, г/мин
До модернизации	9,45	0,725	0,35
После модернизации	7,00	0,570	0,25

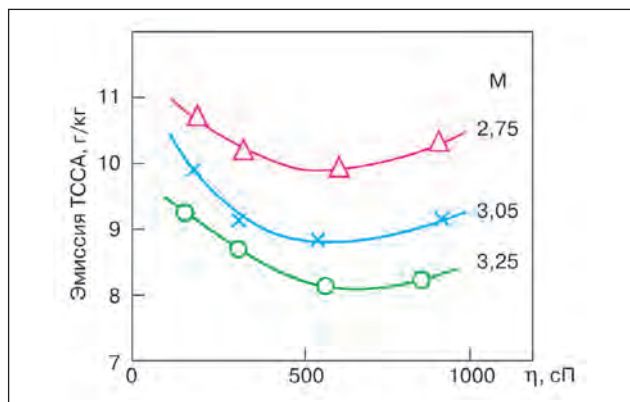


Рис. 5. Влияние модуля и вязкости жидкого стекла на выделение ТССА при сварке рутил-целлюлозными электродами

натриевое жидкое стекло. В настоящее время предприятие использует калиевую глыбу швейцарской фирмы Van Baerle LTD с модулем 4,1. Благодаря высокому модулю глыба имеет низкую гигроскопичность и не слеживается при транспортировке и хранении. Для ее растворения используется безавтоклавная технология с одновременным понижением модуля до нужного уровня и получения как калиевого, так и калиево-натриевого жидкого стекла с нужной плотностью и вязкостью.

Ведется работа с ООО «Инфотех» (Запорожье) по наладке производства калиевой и калиево-натриевой глыбы для нашего предприятия в Украине и с ОАО «Домановский ПТК» — для предприятия в Республике Беларусь. Сделана предварительная оценка калиевых силикатных глыб, в том числе высокомолекулярных, которые производятся в Китае и Польше.

**Целлюлоза.** Качество электродной целлюлозы, изготавливаемой ЦБК «Кама» и ООО «Созим», не позволяет использовать ее для изготовления электродов. Речь, в первую очередь, идет о недостаточной степени измельчения порошка целлюлозы и, несмотря на это, их высокой склонности поглощать слишком большое количество жидкого стекла в ходе приготовления обмазочной массы. Кроме того, порошковая целлюлоза марки «Э» имеет высокую зольность (6–8%), в то время как зольность импортных марок не превышает 1%. В некоторых случаях при контакте целлюлозы с жидким стеклом наблюдалось нехарактерное пенообразование. В металле, наплавленном рутил-целлюлозными электродами, в покрытие которых вводилась целлюлоза марки «Э», содержание фосфора доходит до 0,045% (в

контрольном варианте оно не превышает 0,025%). С использованием целлюлозы марки «Э» существенно ухудшаются санитарно-гигиенические показатели рутил-целлюлозных электродов.

По этой причине ПАО «ПлазмаТек» использует закупаемую в Германии высококачественную целлюлозу двух марок — очищенную и техническую.

В настоящее время ПАО «ПлазмаТек» начал работы по созданию технологии изготовления качественной целлюлозы из отечественного сырья. Получены первые образцы очищенной целлюлозы, которые успешно испытаны в ИЭС им. Е.О. Патона.

**Слюда-мусковит и полевой шпат.** Используется, как правило, слюда индийского производства, а также слюда марки СМ-315 ООО «Мальшевское рудоуправление». В целом индийская слюда имеет достаточно высокое качество по вещественному и зерновому составу и содержит до 12% оксида калия. В настоящее время в ОАО «Березнефарфор», собственником которого является ПАО «ПлазмаТек», успешно проведены работы по получению слюды-мусковита и полевого шпата путем обогащения отечественного сырья для производственных нужд ПАО «ПлазмаТек».

**Ферросплавы и лигатуры.** Работы по производству этого класса материалов для изготовления электродов разворачиваются на Светловодском заводе специальных металлов и сплавов, функционирующем как металлургическое подразделение ПАО «ПлазмаТек».

Технологическая оценка опытных образцов целлюлозы, слюды, полевого шпата с контролируемым остатком слюды, а также некоторых видов ферросплавов, проведенная ИЭС им. Е.О. Патона ПАО «ПлазмаТек» показала весьма обнадеживающие результаты. Совместно с ИЭС им. Е.О. Патона ПАО «ПлазмаТек» ведет исследования, имеющие целью не только расширение сырьевой базы электродного производства, но и улучшение свойств, совершенствование технологии, а также повышение качества электродов. В частности, определены технологические направления существенного улучшения санитарно-гигиенических показателей рутил-целлюлозных электродов (рис. 5). Повышая модуль и понижая вязкость жидкого стекла, удается на 25–30% снизить валовые выделения ТССА при сварке электродами Монолит РЦ. Это объясняется уменьшением в покрытии доли сухого остатка жидкого стекла и его наиболее легко испаряющейся щелочной составляющей (табл. 2).

**ПАО «ПлазмаТек»**  
Тел./ф. +380 432 55-49-71  
info@plasmatec.com.ua  
www.plasmatec.com.ua

Публикуется на правах рекламы.

● #556





**ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ.**

# ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

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

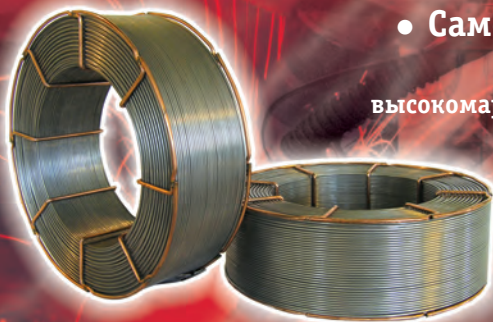
- **Покрытые электроды марки АНО-36, АНО-21, АНО-21У, АНО-6У, АНО-4, АНО-4И, МР-3**

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**



РОССИЯ, МОСКВА, ЭЦ «СОКОЛЬНИКИ»

18-21 октября  
2011

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ,  
ОБОРУДОВАНИЕ,  
ТЕХНОЛОГИИ

**weldex**  
РОССВАРКА

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

11-я Международная выставка

ufi  
Approved  
Event



**WELDEX**  
РОССВАРКА

на правах рекламы

Дирекция выставки:

тел. (495) 935-81-00, факс: (495) 935-81-01, E-mail: [medvedeva@mvk.ru](mailto:medvedeva@mvk.ru)

Организатор:



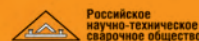
При поддержке:

Московской  
межотраслевой  
ассоциации  
главных  
сварщиков

Под патронатом:

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

При содействии:



Генеральный  
информационный спонсор:



Журнал  
«Сварочное производство»

Информационные  
спонсоры:



# Дуговая и электрошлаковая наплавка валков прокатных станов

**И. А. Кондратьев**, канд. техн. наук, **И. А. Рябцев**, **Ю. М. Кусков**, доктора техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

*Наплавку прокатных валков с целью их восстановления и повышения стойкости в настоящее время применяют практически на всех металлургических предприятиях Украины и стран СНГ. С помощью современных способов механизированной наплавки можно создать валок с достаточно вязкой и прочной сердцевиной, которая хорошо сопротивляется механическим нагрузкам, и износостойкой поверхностью. Наплавка позволяет существенно увеличить долговечность валков, сократить их расход, увеличить выход годного проката вследствие улучшения точности прокатки, снизить расходы по переделью и себестоимость проката.*

Прокатные валки изготавливают из стали и чугуна. Наибольшее распространение получила дуговая наплавка стальных валков горячей прокатки обжимных, листо-, сорто- и трубопрокатных станов из доэвтектоидных и эвтектоидных сталей 45, 50, 55, 50X, 50XH, 55X, 55XH, 60XH, 9XF. Наплавка валков из высокоуглеродистых заэвтектоидных сталей (120X, 150XHM) затруднена из-за опасности возникновения трещин и сколов наплавленного слоя, она требует особых режимов подогрева валков перед наплавкой и остывания после наплавки, поэтому ее применяют в ограниченном объеме.

Еще бóльшие трудности возникают при наплавке чугунных валков. Наиболее распространенным способом продления срока их службы является переточка изношенных валков на меньший диаметр. После достижения минимального диаметра валки сдают в металлолом. Дуговыми способами чугунные валки не восстанавливают.

Эффективность применения наплавки прокатных валков во многом зависит от правильного выбора состава наплавленного металла. Для такого выбора необходим тщательный анализ условий работы валков, характера и интенсивности их изнашивания. Зачастую на различных металлургических предприятиях валки даже однотипных прокатных станов изнашиваются по-разно-

му, поэтому их необходимо наплавлять различными проволоками.

В настоящее время в Украине для восстановительной наплавки валков обжимных прокатных станов (блюмингов, слябингов) в основном применяют сплошную проволоку Нп–30ХГСА. При наплавке этой проволокой стойкость валков практически не повышается, однако даже без повышения стойкости существенно сокращается расход валков, что особенно важно для крупных валков обжимных станов.

Для износостойкой наплавки стальных валков горячей прокатки различных станов чаще всего, хотя и не всегда обоснованно, применяют порошковую проволоку ПП–Нп–35В9ХЗСФ, содержащую до 10% дорогого и дефицитного вольфрама. Наплавленный ею металл обладает высокой стойкостью против истирания при повышенных температурах, но его термическая выносливость относительно невысокая, поэтому валки, наплавленные этой проволокой, часто выходят из строя из-за образования сетки трещин разгара и выкрашивания.

Хорошие результаты при восстановлении стальных валков горячей прокатки дает наплавленный металл типа экономнолегированных хромомолибденовых и хромовольфрамомолибденовых сталей. По теплостойкости эти стали практически не уступают хромовольфрамовым, а по сопротивлению термической усталости существенно превосходят их. Для повышения теплостойкости и стойкости наплавленного металла против истирания применяют также легирование ванадием.

При наплавке валков со сложными калибрами возникают большие трудности с механической обработкой наплавленного слоя из-за его относительно высокой твердости. Для таких валков перспективно использование наплавочных материалов типа мартенситностареющих или дисперсионотвердеющих сталей. После наплавки такие стали имеют твердость 28–35 HRC<sub>3</sub>, их достаточно легко обрабатывать механи-



Таблица 1. Свойства наплавленного металла различных систем легирования

Тип наплавленного металла	Термическая стойкость, число циклов	Потеря массы образца $\Delta M$ , г	Твердость, HRC <sub>3</sub>		Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>		
			Температура, °C				
			20	600	20	450	600
35В9Х3СФ	70	0,12	44–52	36–42	7	10	15
25Х5ФМС	200	0,35	42–45	26–30	42	50	59
ПП–АН147	190	0,15	44–48	30–34	35	47	57
ПП–АН132	130	0,13	46–50	34–40	13	23	38
ПП–АН193	170	0,21	48–52*	28–32	23	45	51

\* После старения.

Таблица 2. Вальценаплавочные станки серии «КЖ»

Модель станка	Наплавляемые валки	Характеристика валков		
		Общая длина, мм	Диаметр бочки, мм	Масса, кг
КЖ–9711	Сортовые	1200–4000	250–850	8000
КЖ–9705	Обжимные, листовые	3000–6500	700–1400	40000
КЖ–97095		3000–7300	900–1600	65000
КЖ–9710	Пилигримовые	1860–2460	690–1200	6400

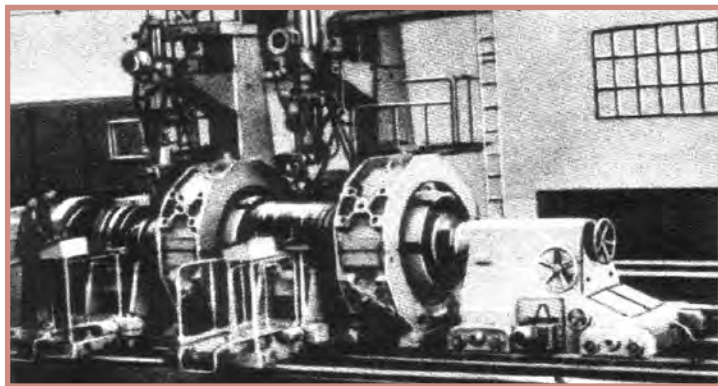


Рис. 1. Наплавка вала блюминга на вальценаплавочном станке КЖ–9705

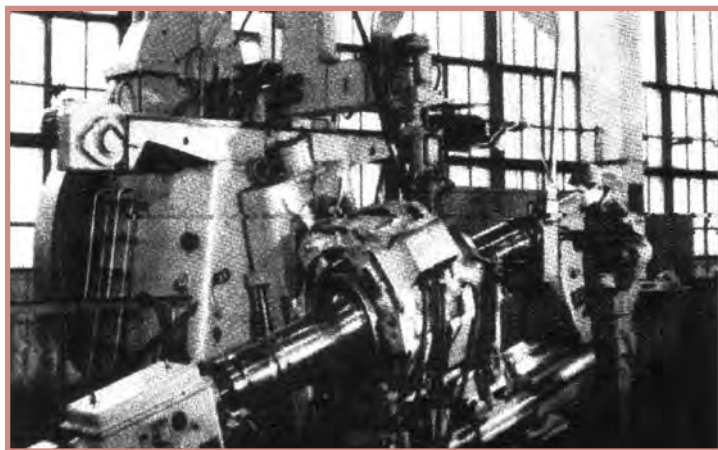


Рис. 2. Наплавка вала сортопрокатного стана на вальценаплавочном станке КЖ–9711

чески. После отпуска твердость возрастает до 48–55 HRC<sub>3</sub>, и наплавленный металл приобретает высокие служебные свойства.

В табл. 1 приведены результаты исследования твердости, ударной вязкости, термостойкости и сопротивления изнашиванию нескольких типов наплавленного металла, которые наиболее широко применяют для восстановления стальных прокатных валков. Термостойкость определяли на установке для комплексной оценки свойств наплавленного металла по числу циклов нагрев–охлаждение до появления сетки трещин, заметной невооруженным глазом. Сопротивление изнашиванию оценивали по потере массы  $\Delta M$  наплавленного образца от изнашивания трением металла по металлу при температуре 600°C за 1 ч испытаний.

Наибольшее сопротивление термической усталости имеет безвольфрамовый металл, наплавленный порошковыми проволоками ПП–АН147 и ПП–Нп–25Х5ФМС. Значения ударной вязкости наплавленного металла при повышенных температурах (см. табл. 1) косвенно подтверждают вывод о высоком сопротивлении термической усталости металла, наплавленного порошковыми проволоками ПП–Нп–25Х5ФМС, ПП–АН147 и ПП–АН193. Наилучшие сочетания показателей термической стойкости и сопротивлению изнашиванию имеет металл, наплавленный порошковой проволокой ПП–АН147.

По результатам лабораторных исследований и опытно-промышленных проверок, выполненных в последние годы, были уточнены составы наплавленного металла и соответственно составы шихты порошковых проволок для наплавки валков горячей прокатки. Результаты исследований и практический опыт позволяют рекомендовать ту или иную из разработанных порошковых проволок для наплавки стальных прокатных валков следующих станов: обжимных (блюминг, слябинг) – ПП–Нп–25Х5ФМС; непрерывно-заготовочных – ПП–АН147, ПП–Нп–35В9Х3СФ; крупносортовых и рельсобалочных – ПП–Нп–25Х5ФМС; средне- и мелкосортных – ПП–Нп–25Х5ФМС, ПП–АН147, ПП–АН193; проволочных – ПП–Нп–35В9Х3СФ, ПП–АН132; листопркатных – ПП–АН132, ПП–Нп–25Х5ФМС; трубопркатных – ПП–АН147, ПП–Нп–35В9Х3СФ. Однако следует подчеркнуть, что окончательный выбор марки проволоки для наплавки конкретных валков необходимо делать на основе натуральных испытаний.

Для дуговой наплавки стальных валков прокатных станов в свое время были разработаны вальцenaплавочные станки серии КЖ (табл. 2, рис. 1, 2).

Как уже упоминалось выше, дуговыми способами валки из высокоуглеродистой стали или чугуна не наплавляют. В ИЭС им. Е. О. Патона разработана технология электрошлаковой наплавки дробью стальных (с высоким содержанием углерода) и чугунных валков горячей и холодной прокатки с получением рабочего слоя из отбеленного чугуна, легированной или быстрорежущей сталей. Для реализации процесса ЭШН дробью был разработан секционный токоподводящий кристаллизатор (ТПК) и дозатор дробы. Конструкция ТПК обеспечивает вращение шлаковой ванны в горизонтальной плоскости, что способствует получению равномерного проплавления по периметру валка и равномерному распределению дробы по периметру шлаковой ванны. Промышленную проверку прошла наплавка чугунных валков горячей прокатки хромоникелевым, хромистым (1–19% Cr) и высокохромистым (25–30% Cr) чугуном.

Положительные результаты получены и при наплавке хромомолибденовой стали на валки холодной прокатки с диаметром бочки 600 мм и длиной 1500 мм. Установлена также возможность изготовления новых биметаллических валков холодной прокатки с рабочим слоем из быстрорежущей стали.

Электрошлаковую наплавку некомпактными присадочными материалами, в том

**Таблица 3. Химический состав, предел прочности  $\sigma_B$  и твердость HS металла рабочего слоя валков, полученных ЭШН и изготовленных фирмой «Гонтерманн—Пайперс»**

Металл рабочего слоя валков	Массовая доля элементов, %								$\sigma_B$ , МПа		HS	
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	Ti	Температура, °C			
									20	600	20	600
240X18MН <sup>1</sup>	2,4	0,8	0,7	18	1,8	1,0	—	0,2	650	600	75	25
240X26C2Ф <sup>1</sup>	2,2	1,5	0,6	26	—	—	0,7	0,2	780	780	65	29
90X2MНФС <sup>1</sup>	0,9	1,0	0,6	1,8	0,3	0,8	0,2	—	800	—	55	32
AS180X <sup>2</sup>	1,6	0,6	0,7	12	3,0	1,0	—	—	840	—	72	—
AS1180XX <sup>2</sup>	2,8	0,6	0,9	18	3,0	1,0	0,3	—	600	—	71	—

Примечания. 1 — ЭШН.

2 — Валки производства фирмы «Гонтерманн—Пайперс».

числе и дробью, характеризуют равномерный химический состав и твердость как по толщине, так и по длине слоя, наплавленного на бочку валка. Это обеспечивает постоянство показателей работы валка независимо от толщины снимаемого при переточках изношенного слоя. Электрошлаковый металл имеет повышенные механические свойства и горячую твердость, характеризующую, в частности, способность материала сопротивляться абразивному изнашиванию при повышенных температурах.

В табл. 3 представлены химический состав, предел твердости по Шору металла рабочего слоя валков, наплавленных электрошлаковым способом в ТПК и изготовленных центробежной отливкой одним из ведущих производителей прокатных валков — фирмой «Гонтерманн—Пайперс» (Германия). ● #577

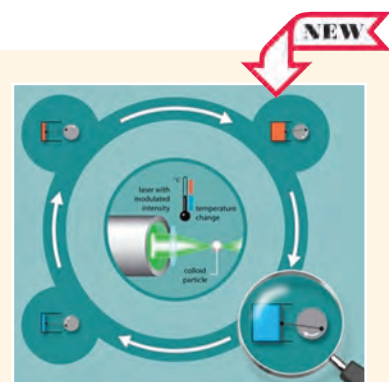
### Создан самый маленький паровой двигатель в мире

Ученые Штутгартского университета вместе с исследователями Института интеллектуальных систем Макса Планка испытали самый маленький паровой двигатель в мире. И хотя его пока нельзя использовать, эксперимент доказал, что подобное устройство, в принципе, может работать.

Физики не были уверены, что созданный ими двигатель Стирлинга придет в движение, поскольку из-за микроскопических размеров этому могли помешать различные процессы, не оказывающие влияния в макромире. В изобретенном 200 лет назад Робертом Стирлингом двигателе наполненный газом цилиндр периодически нагревается и охлаждается, в результате чего газ расширяется и сжимается и двигает поршень.

Ученым удалось уменьшить размер поршня и цилиндра до нескольких микрометров, а затем собрать все детали. Газ был заменен плавающим в воде пластиковым шариком размером 0,003 мм. Поршень заменили сфокусированным лазерным лучом переменной интенсивности. Это дало возможность ограничивать движение шарика — аналогично расширению и сжатию газа в обычном двигателе. Необходимым условием было изменение температуры: для этого использовался другой лазер, который включался и моментально отключался.

Работа двигателя была нестабильной, поскольку молекулы воды, пребывая в постоянном движении, все время сталкиваются с микрочастицей. При этом масштабы обмена пластикового шарика энергией с окружающими молекулами были приблизительно сравнимы с количеством энергии, получаемой от луча. В макромире, например, энергия сталкивающихся частиц настолько мала, что совсем не влияет на работу двигателя. Тем не менее, эксперимент оказался успешным.



www.iscience.ru

# Восстановление чугунных валков стана 2000 в токоподводящем кристаллизаторе

Ю. М. Кусков, И. А. Рябцев, доктора техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, И. С. Сарычев, канд. техн. наук, ООО «Ресурс-СП» (Липецк)

*На станах горячей прокатки используют как стальные, так и чугунные валки. Несмотря на то, что чугунные валки по сравнению со стальными, как правило, имеют более низкие механические свойства и склонны к поломкам при повышенных нагрузках или отклонениях от оптимальной технологии прокатки, их чаще применяют на прокатных станах, особенно в чистовых клетях. Это объясняется меньшей стоимостью чугунных валков и тем, что они обеспечивают высокую чистоту поверхности проката.*

Именно низкая стоимость чугунных валков, особенно небольших размеров, и большие затраты на наплавку делают восстановление таких валков не всегда экономически оправданным. Иная ситуация с крупными прокатными чугунными валками, стоимость которых составляет десятки тысяч долларов. Расчеты показывают, что их наплавка становится экономически выгодной. Наиболее рациональным способом восстановления чугунных прокатных валков является разработанный группой сотрудников ИЭС им. Е. О. Патона во главе с Г. В. Ксендзыком способ электрошлаковой

наплавки дробью в токоподводящем кристаллизаторе (ТПК).

Причин этому несколько. Дробь — относительно дешевый присадочный материал, и ее производят на многих металлургических комбинатах. При ЭШН дробью наплавленный металл имеет мелкозернистую структуру с повышенными механическими и эксплуатационными свойствами. Следует иметь в виду, что такое воздействие может оказывать лишь дробь с максимальным размером частиц до 2,5 мм.

На формирование благоприятной структуры наплавленного металла влияет также массовая скорость подачи дробы. Установлено, что в зависимости от подводимой мощности эта скорость достигает 400–500 кг/ч. При этом отсутствуют дефекты в наплавленном металле в виде пор и шлаковых включений и обеспечивается минимальное проплавление основного металла. Такой режим наплавки позволяет вести процесс с удельным расходом электроэнергии 1200–1500 кВт·ч на 1 т наплавленного металла. Подачу дробы в шлаковую ванну можно производить вибродозаторами.

В данной статье представлены результаты опытных работ по восстановительной наплавке чугунных валков чистовых клетей широкополосного стана горячей прокатки 2000 Новолипецкого металлургического комбината. Диаметр и длина наплавляемой бочки валка соответственно 800 и 2000 мм; масса около 13 т. Материал валка — хромоникелевый чугун.

В качестве оборудования использовали модернизированную для проведения наплавочных работ электрошлаковую печь ЭШП-10ВГ с несущей колонной грузоподъемностью 10 т (рис. 1). Наплавку выполняли в водоохлаждаемом секционном ТПК с диаметром формирующей секции 930 мм. Была выбрана схема наплавки, предусматривающая перемещение ТПК, размещенного на рабочей платформе, относительно стационарно установленной на поддоне заготовки валка, что позволило значительно

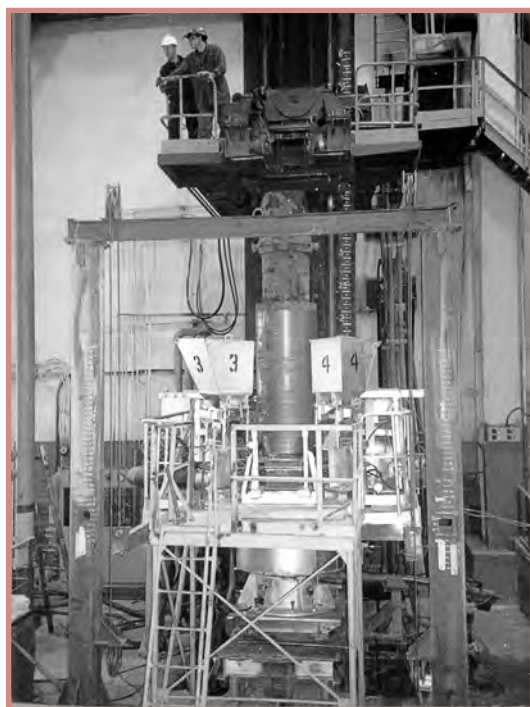


Рис. 1. Модернизированная электрошлаковая печь ЭШП-10ВГ для наплавки прокатных валков



уменьшить габарит наплавочной установки. Источником питания служил трансформатор переменного тока пониженной частоты. Подачу присадочной дроби производили четырьмя вибродозаторами вместимостью примерно 500 кг дроби каждый (скорость подачи каждым дозатором можно изменять в пределах 0–200 кг/ч). Использовали дробь из хромистого чугуна, содержащую до 16% хрома.

Кристаллизатор обеспечивает вращение шлаковой и металлической ванн в горизонтальной плоскости, что позволяет не только равномерно распределять дробь по периметру шлаковой ванны, но и улучшает теплообмен между частицами дроби и шлаком.

Известно, что чем больше диаметр кристаллизатора, тем сложнее достичь оптимальной скорости вращения шлаковой ванны, так как в этом случае угловая и линейная скорости вращения снижаются. Увеличение силы тока для увеличения скорости вращения шлаковой ванны нежелательно, так как это повышает тепловую мощность, вводимую в шлаковую ванну, что может привести к росту проплавления основного металла и ухудшению эксплуатационных характеристик рабочего слоя вала. Для повышения магнитного воздействия на шлаковую ванну часто применяют дополнительный источник тока. Это повышает стоимость оборудования и ухудшает экологическую обстановку на наплавочном участке в связи с ростом магнитной напряженности в рабочей зоне.

Увеличить скорость вращения шлаковой ванны можно за счет оптимизации конструкции кристаллизатора. В результате доработки кристаллизатора удалось повысить скорость вращения шлаковой ванны в 1,6–2,0 раза (рис. 2).

Технологический процесс ЭШН чугуновых прокатных валков дробью включает:

- визуальный осмотр изношенных валков и их механическая обработка до необходимого диаметра;
- подогрев вала под наплавку в шахтной печи до температуры 500–600 °С;
- установка нагретого вала на поддоне соосно с кристаллизатором;
- наведение шлакового процесса и непосредственно наплавка вала;
- замедленное охлаждение наплавленного вала в печи;
- визуальный контроль наплавленного вала, механическая обработка и ультразвуковой контроль.

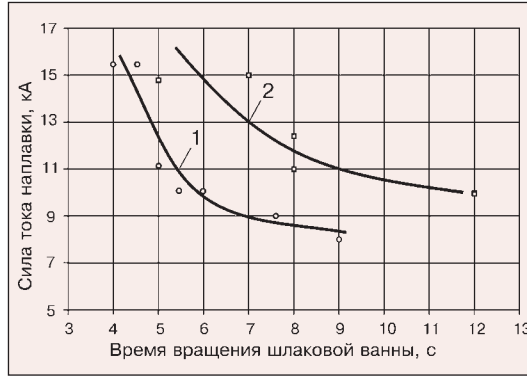
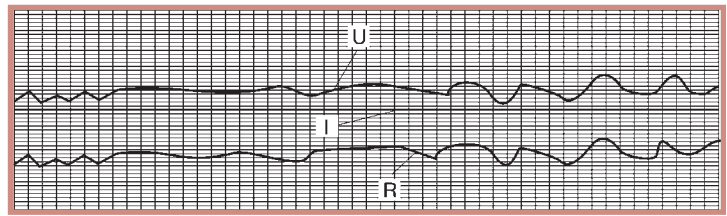


Рис. 2. Время вращения шлаковой ванны в зависимости от силы тока наплавки: 1 — при обычной конструкции ТПК; 2 — при усовершенствованной конструкции ТПК



Опыт наплавки чугуновых валков мелко- и крупнокалиберных станов 300 и 350 показал, что применение флюса АН-75 позволяет наплавлять валки с длиной бочки 500–600 мм. Процесс наплавки валков широкополосных станов с длиной бочки 2000 мм идет значительно дольше. Для данного процесса был разработан шестикомпонентный флюс, который не уступает флюсу АН-75 по физико-техническим показателям, но позволяет вести электрошлаковый процесс в течение более длительного времени. Это подтверждает регистрограмма электрических параметров процесса, снятая во время наплавки вала (рис. 3). В течение всего процесса наплавки сила тока и напряжение остаются стабильными, соответственно стабильно и сопротивление шлакового расплава.

Рис. 3. Регистрограмма силы тока I, напряжения U и сопротивления R при электрошлаковой наплавке чугунового вала стана 2000

В ходе опытных наплавочных работ были выявлены недостаточная жесткость рабочей платформы и невозможность обеспечения точной фиксации ее положения относительно несущей колонны печи. Отрицательное влияние технологических факторов на качество наплавки проявлялось в случае недостаточного прогрева шлаковой ванны в зоне формирования металлической ванны, при повышенной массовой скорости подачи дроби и неправильном выборе положения уровня металлической ванны.

С учетом выявленных недостатков были проведены модернизация наплавочной установки и оптимизация технологии наплавки, что позволило выполнить электрошлаковую наплавку дробью промышленных образцов чугуновых валков прокатного стана 2000.

• #578

# Восстановление деталей конусной дробилки дуговой наплавкой

И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, доктора техн. наук, Я. П. Черняк, канд. техн. наук, Институт электро-сварки им. Е. О. Патона НАН Украины, А. И. Поддубский, ООО «Альянс Групп» (Кривой Рог)

Горно-обогатительные комбинаты Криворожья для первичной переработки (измельчения) железной руды, полученной при открытой разработке взрывом, используют конусные дробилки типа ККД 1500/180 (рис. 1) и КРД 900. Масса таких дробилок достигает 500 т, и они перерабатывают в час до 2000 т руды. Для выбора типа наплавочных материалов и разработки технологии наплавки деталей таких дробилок было необходимо проанализировать условия их работы и определить основные виды изнашивания, которым подвергаются эти детали.

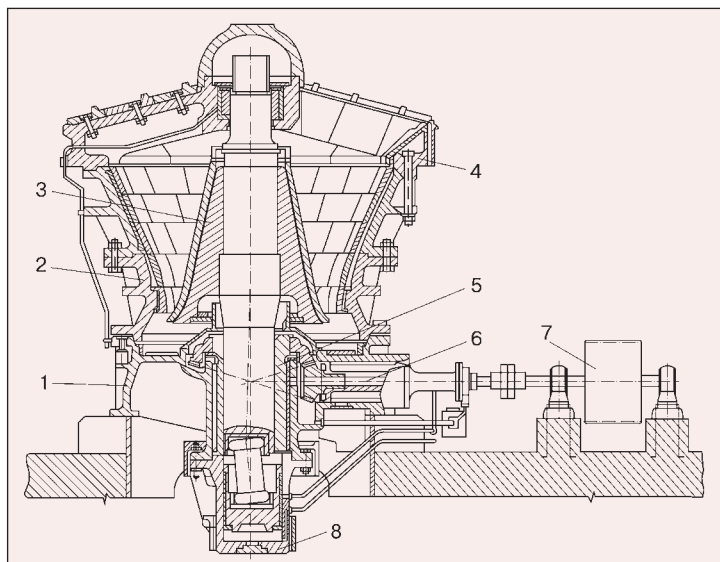


Рис. 1. Конусная дробилка ККД 1500/180: 1 — нижняя часть станины; 2 — чаша; 3 — дробящий конус; 4 — траверса; 5 — эксцентрик; 6 — приводной вал; 7 — привод; 8 — крышка

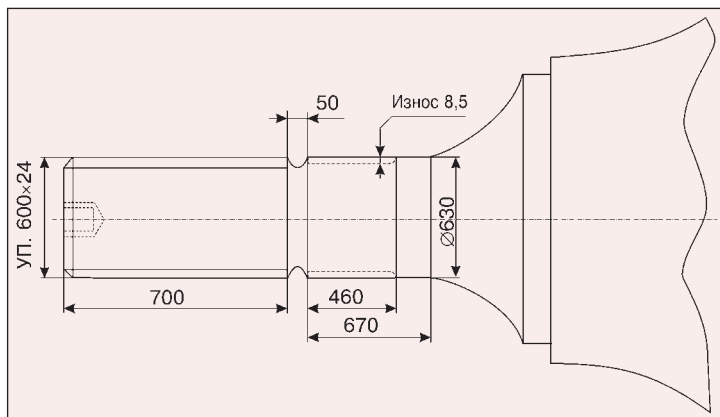


Рис. 2. Эскиз изношенных участков дробящего конуса

Руда, подлежащая дроблению, через направляющие отверстия траверсы 4 поступает в дробящую зону, образованную внутренней поверхностью дробящей чаши 2 и наружной поверхностью дробящего конуса 3 из стали 40. Для защиты от изнашивания указанные поверхности футеруют литыми броневыми плитами из высокомарганцевой стали 110Г13Л. При вращении эксцентрика 5 дробящему конусу сообщается пространственное качение относительно точки подвеса. При этом поверхности дробящего конуса и чаши периодически сближаются и удаляются друг от друга. В процессе их сближения происходит дробление руды, а при удалении раздробленный материал сыпается вниз на транспортирующее устройство.

Наиболее нагруженный и изнашиваемый узел в дробилке — дробящий конус массой в сборе с бронефутеровкой около 78 т. В процессе эксплуатации в первую очередь изнашиваются футеровочные плиты из стали 110Г13Л, которые периодически заменяют новыми. Кроме того, длительная работа приводит к изнашиванию и менее нагруженных поверхностей конуса. Как показывает анализ, в настоящее время на горно-обогатительных комбинатах Кривого Рога имеется значительное количество дробящих конусов с износом цилиндрической части в зоне контакта с бронзовой цилиндрической втулкой и с частичным разрушением упорной резьбы УП 600×24, на которой подвешен конус (рис. 2), т. е. участков поверхности, непосредственно не подвергающихся воздействию руды.

В данной работе отражен опыт восстановления дуговой наплавкой самозащитными порошковыми проволоками именно этих поверхностей конуса. Наплавляли конус, вышедший из строя вследствие износа (8–9 мм на сторону) в зоне контакта с конусной втулкой и частичного разрушения витков упорной резьбы УП 600×24 (см. рис. 2).

Конус имеет значительные размеры и массу, поэтому его наплавка и механичес-

кая обработка невозможны в закрытом помещении в заводских условиях. Не было возможности и произвести предварительный подогрев детали, а также обеспечить ее замедленное охлаждение после наплавки, что является необходимой операцией для предотвращения образования трещин при наплавке таких крупногабаритных деталей из среднеуглеродистой стали 40.

Перед наплавкой те части конуса, которые требовали восстановления, подвергали ультразвуковому контролю. Каких-либо дефектов усталостного или иного характера обнаружено не было.

Первоначально наплавляли изношенную цилиндрическую часть конуса в зоне контакта с бронзовой цилиндрической втулкой. Материал для наплавки должен был обеспечить высокое качество наплавки, хорошую обрабатываемость наплавленного металла резанием и быть относительно дешевым. Последнее определялось тем, что себестоимость восстановления конуса не должна была превышать 30% стоимости нового изделия. В противном случае наплавка дробящего конуса с учетом организационных затрат нецелесообразна.

В качестве материала для наплавки была выбрана самозащитная порошковая проволока ПП-АН198 диаметром 2,4 мм, разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона. Состав этой проволоки близок к составу основного металла, а механические характеристики наплавленного металла достаточно высокие:  $\sigma_b=540...670$  МПа,  $KCV=35...40$  Дж/см<sup>2</sup>, твердость наплавленного слоя  $\leq 30$  HRC<sub>3</sub>.

Металл, наплавленный проволокой ПП-АН198, обладает высокой стойкостью против образования трещин, однако вследствие большой жесткости наплавляемой детали и относительно высокого содержания углерода в основном металле избежать появления единичных трещин в наплавленном металле при наплавке без подогрева не удалось. Трещин было относительно мало, они имели небольшую глубину и не должны были оказывать существенного влияния на работоспособность дробящего конуса, так как наплавленную часть детали плотно охватывает конусная втулка, представляющая собой как бы бандажированную ось.

Наплавку этой поверхности выполняли в горизонтальном положении четырьмя сегментами (рис. 3) при периодической кантовке конуса краном в такой последовательности, чтобы обеспечить наиболее равномерное тепловое поле в его теле.



Рис. 3. Дробящий конус, установленный в положение для наплавки цилиндрической поверхности

Для наплавки использовали полуавтомат ПДФ-502 с источником питания ВДУ-506. Наплавку выполнял один наплавщик в течение 8-часовой смены. После наплавки каждого валика наплавленную поверхность зачищали абразивным кругом. Толщина первого наплавленного слоя составляла примерно 7 мм. Это позволяло за два прохода полностью восстановить изношенную поверхность (толщина второго слоя не превышала 3 мм) с учетом припуска на механическую обработку.

Более сложная ситуация сложилась с восстановлением упорной резьбы, так как именно на ней подвешивают дробящий конус, поэтому дефекты в наплавленных витках не допускаются. Чтобы избежать появления трещин в наплавленных витках упорной резьбы, было решено использовать для их наплавки самозащитную порошковую проволоку ПП-АН202, обеспечивающую получение наплавленного металла типа низкоуглеродистой высоколегированной хромомарганцевой стали, которую рекомендуют для наплавки деталей из высокоуглеродистых сталей без подогрева. Эта сталь, согласно структурной диаграмме для хромомарганцевых сталей, должна иметь при наплавке углеродистой стали в один слой структуру аустенита с минимальным количеством мартенсита. Это позволяет, с одной стороны, получить относительно пластичный металл наплавленного слоя, а с другой, удовлетворительную обрабатываемость режущим инструментом.

Наплавку выполняли на том же сварочном оборудовании, что и при восстановлении цилиндрической части корпуса. Диаметр самозащитной порошковой проволоки



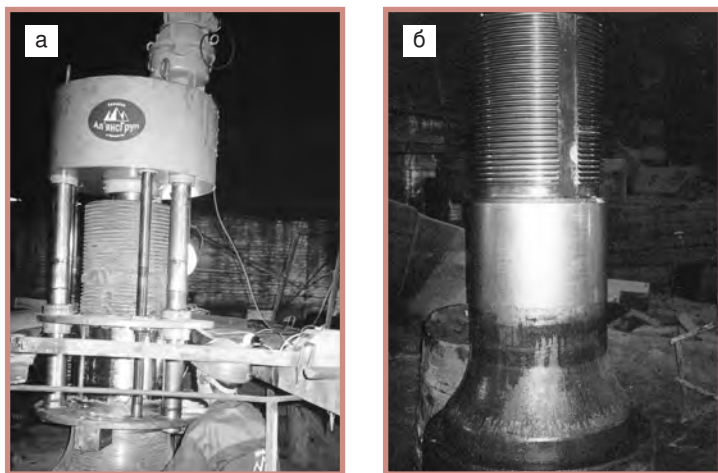


Рис. 4. Наплавленный дробящий конус с устройством для механической обработки (а) и внешний вид наплавленного конуса после механической обработки (б)

составлял 1,8 и 2,4 мм. Во время наплавки для формовки поверхности витков использовали медные пластины. В отдельных местах участки с разрушенной резьбой заплавляли полностью.

После выполнения наплавочных работ цилиндрическую и резьбовую части конуса подвергли механической обработке. Для

этого использовали специальный станок САИ (рис. 4, а), разработанный и изготовленный ООО «Альянс Групп». Станок фиксируют на вертикально установленном конусе так, чтобы его центратор можно было закрепить в отверстии под рым-болт в торцевой части конуса.

Станок центрируют прижимными роликами возле основания шейки вала на неизношенной поверхности. В результате резцы располагаются соосно с конусом и имеют возможность во время обработки перемещаться как по окружности, так и по направляющим вдоль обрабатываемой поверхности. Наплавленные и механически обработанные поверхности дробящего конуса показаны на рис. 4, б.

В соответствии с требованиями чертежа была произведена упрочняющая накатка роликом наплавленных и обработанных поверхностей. Затем восстановленный конус был установлен в дробилку на одном из комбинатов Кривого Рога. Затраты на восстановление конуса не превысили 30% стоимости нового конуса, которая в настоящее время составляет около 1,5 млн. грн. ● #559

## Справочные пособия издательства «Экотехнология»

Обеспечение конкурентоспособности продукции сварочного производства требует повышения ее качества и снижения себестоимости, а следовательно, эффективного использования всех видов ресурсов.

Для снижения производственных затрат при использовании широко распространенных технологических процессов ручной дуговой сварки покрытыми электродами, механизированной сварки легированной проволокой сплошного сечения в защитных газах, автоматической сварки под флюсом и термической резки важную роль играет не только повышение производительности труда рабочих, но и совершенствование методик нормирования расходных материалов, составляющих до 40% технологической себестоимости.

Применение современных нормативов расхода сварочных материалов является важнейшим способом повышения рентабельности сварочного производства.



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

1. Нормирование расхода покрытых электродов при ручной дуговой сварке и наплавке (64 с.).
2. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке в углекислом газе и его смесях (68 с.).
3. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом (38 с.).
4. Нормирование расхода материалов при термической резке (14 с.).

**Заказы направлять по адресу:**  
380036 РФ, г. Белгород, б-р Юности, 2, к. 317.  
Тел./ф. (4722) 53-73-27; тел. (4722) 53-73-23;  
моб. тел. 8 (910) 736-26-79.  
E-mail: mozgovojvf@rambler.ru.  
МОЗГОВОЙ Виктор Федорович

# КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭКОТЕХНОЛОГИЯ»



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

Рассмотрены промышленные энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. Приведена классификация способов послесварочной обработки. Рассмотрены пути снижения энергозатрат при отпуске металлоконструкций. Освещены технологические особенности аргодуговой обработки, послесварочной обработки поверхностным пластическим деформированием с использованием многобойкового инструмента, дроби и ультразвуковой обработки, технология и оборудование вибрационной обработки, комбинированные технологии послесварочной обработки.

Рассчитана на инженерно-технических работников в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов.

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

Детально описаны все стадии технологического процесса производства металлических покрытых электродов для ручной дуговой сварки, применяемые материалы и оборудование. Даны теоретические основы процессов, протекающих как при изготовлении, так и при применении электродов. Особое внимание уделено вопросам обеспечения качества продукции.

Для инженерно-технического персонала, мастеров и рабочих электродных производств, может быть использована для индивидуальной подготовки и повышения квалификации.



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

Рассмотрены основные способы плазменной наплавки. Особое внимание уделено плазменно-порошковой наплавке, позволяющей существенно расширить круг сплавов, наплавляемых механизированным способом. Приведены требования к наплавочным порошкам, рассмотрены основные способы их производства, технологические особенности плазменной наплавки и методика выбора режимов плазменно-порошковой наплавки, рассмотрены примеры наплавки ряда характерных деталей. Представлены также сведения об оборудовании для плазменной наплавки, рассмотрены конструкции основных узлов установок, даны их характеристики.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся восстановлением и упрочнением деталей машин и механизмов. Может быть полезна студентам вузов.

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

Рассмотрены структурные схемы способов дуговой сварки сталей плавящимся электродом (ДСПЭ) и общие вопросы свариваемости сталей. Изложены современные представления об энергетической эффективности процесса, формировании швов, производительности и экологических показателях ДСПЭ. Приведены современные способы сварки с применением различных защитных сред, позволяющие регулировать тепловложение в свариваемое изделие, улучшающие формирование металла шва и повышающие производительность сварки. Приведены сведения о гибридных и комбинированных способах дуговой сварки плавящимся электродом.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занятых в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов.



**С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 360 с.**

Рассмотрены физико-металлургические процессы при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. Даны характеристики и классификация электродов, представлена номенклатура промышленных марок, источники питания и другое оборудование. Изложены рекомендуемые технологии сварки сталей, чугуна и цветных металлов и их особенности. Рассмотрены дефекты сварных соединений и причины их образования, а также вопросы ремонтной сварки.

Рассчитана на инженерно-технических работников сварочного производства. Может быть полезна учащимся технических учебных заведений и для повышения квалификации.

Заказы направлять по адресу: 380036 РФ, г. Белгород, б-р Юности, 2, к. 317.  
Тел./ф. (4722) 53-73-27; тел. (4722) 53-73-23; моб. тел. 8 (910) 736-26-79  
E-mail: mozgovojvf@rambler.ru. МОЗГОВОЙ Виктор Федорович



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

### Расскажите, пожалуйста, о лазерной резке и ее разновидностях.

*М.А.Чиркин (Харьков)*

Лазерная резка является высокоэффективным способом обработки тонколистового проката, тонкостенных труб, стандартного и специального профильного проката. Сфокусированный лазерный луч обеспечивает качественную поверхность реза и высокую точность траектории и ширины реза.

Лазерная резка материала осуществляется под действием высококонцентрированного лазерного излучения и «режущего» газа. Локальный нагрев поверхности материала лазерным лучом приводит к плавлению материала в зоне воздействия, образованию сквозного отверстия и последующему выносу материала в виде жидкокапельной фазы из зоны реза по мере перемещения лазерного луча вдоль линии реза.

Роль режущего газа состоит в уменьшении поверхностного натяжения расплава, удалении жидкокапельной фазы из зоны реза газовой струей, увеличении поглотительной способности поверхности при ее окислении и микротекстурировании. Обычно режущий газ подается соосно со сфокусированным лазерным излучением. Для предотвращения образования грата оптимизируют состав режущего газа. Как правило, резка металлов носит квази-неустойчивый характер, что ведет к образованию шероховатостей стенок реза.

В большинстве случаев резку металлов и сплавов с низкой теплопроводностью и отражательной способностью (сталь, титан) осуществляют непрерывным лазерным излучением. Рекордная толщина разрезаемой стали составляет 100 мм. Однако на практике раскраивают конструкционные материалы меньшей толщины, не более 20 мм.

Сфокусированный лазерный луч можно перемещать относительно разрезаемого материала с помощью сканирующих устройств. Но, как правило, используют перемещение разрезаемого материала на координатном столе относительно лазерного луча либо механическое портальное перемещение лазерного луча относительно разрезаемого материала при больших размерах листов. Для перемещения по

заданной траектории применяют приводы (например, шаговые двигатели), управляемые от компьютера через соответствующие контроллеры с использованием специализированных программ. Легкость распространения лазерного луча позволяет производить резку вне зависимости от пространственного положения разрезаемого материала.

По сравнению с традиционными методами лазерная резка обладает рядом неоспоримых преимуществ:

- при лазерной резке отсутствует механическое воздействие на разрезаемый материал;
- сфокусированное лазерное излучение позволяет резать практически любой материал независимо от его теплофизических свойств;
- точность позиционирования лазерной головки составляет 0,08 мм, за счет чего достигается высокая точность взаимного расположения элементов заготовки;
- применение лазерной резки возможно на легкодеформируемых и нежестких деталях;
- лазерный луч имеет диаметр около 0,25 мм, это позволяет создать отверстие диаметром от 0,50 мм;
- за счет большой плотности мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность процесса;
- можно раскроить по сложному контуру практически любой листовой материал.

Лазерная резка металла — это сочетание высокой скорости процесса, безупречного качества и приемлемой цены в любой области применения. Независимо от количества вырезаемых деталей цена каждой операции будет практически одинакова.

В зависимости от интенсивности излучения в зоне реза, вида материала, состава и давления режущего газа лазерную резку можно разделить на несколько видов: газолазерную; кислородно-лазерную (LASOX); лазерную в инертном газе; лазерное термораскалывание; лазерную сублимационную.

**Газолазерная резка.** Для устойчивого процесса резки титана используют инертный газ. Азот наиболее предпочтителен для резки хромоникелевой стали и алюминия.

Общие особенности и рекомендации для достижения качественной газолазерной резки металлов можно сформулировать следующим образом:



- с увеличением давления поддуваемого газа возрастает глубина резки как для нержавеющей стали, так и для титановых сплавов, причем при малых скоростях резки влияние давления сказывается в большей степени;
- глубина резки с низким качеством практически всех металлов возрастает с повышением мощности лазерного луча, давления поддуваемого газа и с уменьшением скорости резки;
- для обеспечения минимальных значений ширины реза, зоны термического влияния и шероховатости поверхности реза резку следует проводить на максимальной для данной толщины разрезаемого металла скорости при установленных мощности лазерного луча и давлении поддуваемого газа;
- давление поддуваемого газа в целях повышения качества резки углеродистых сталей должно быть невысоким (0,05–0,15 МПа), а при резке нержавеющей стали и титановых сплавов его следует повышать до 0,2–0,3 МПа.

**Кислородно-лазерная резка (LASOX).** Характерные особенности кислородно-лазерной резки следующие:

- давление кислорода, необходимое для формирования сверхзвуковой струи, 0,6–1,0 МПа;
- диаметр пятна нагрева лазерным лучом на поверхности металла существенно больше, чем диаметр струи;
- ширина реза равна диаметру кислородной струи и, как правило, больше 3 мм;
- расстояние между срезом сопла и металлом 6–8 мм;
- скорость резки около 0,2 м/мин, что существенно ниже скорости лазерно-кислородной резки;
- толщина разрезаемого металла до 50 мм при мощности лазерного луча 2 кВт и до 100 мм — при мощности лазера 6 кВт.

Технология LASOX была разработана в 1990-х гг. в производственно-технологическом центре компании VOC Gases (Великобритания) доктором Джеком Гебздилом совместно с доктором Биллом О'Нилом (Ливерпульский университет).

**Лазерная резка в инертном газе.** Этот способ обычно применяют в тех случаях, когда нежелательно окисление кромок металла, например при резке нержавеющей стали, титана, алюминиевых сплавов. Эффективность резки в инертном газе ниже, чем при лазерно-кислородной резке из-за отсутствия дополнительного источника нагрева.

Характерные особенности:

- наиболее распространенный инертный режущий газ — азот (при резке титана — аргон);
- давление режущего газа, как правило, больше 0,1 МПа, поэтому применяют фокусирующие линзы повышенной толщины;
- формируется сверхзвуковая струя режущего газа, которая выдувает капли расплавленного металла из зоны реза;

- лазерный луч фокусируют на нижнюю поверхность листа;
- расстояние между срезом сопла и поверхностью металла минимально: 0,5–1 мм;
- при резке толстого металла диаметр сопла достаточно большой (около 3 мм), поэтому и расход инертного газа большой, что зачастую определяет стоимость резки;
- скорость резки в инертном газе относительно низка.

**Лазерное термораскалывание.** В этом процессе за счет неоднородного нагрева хрупкого материала (стекло, стеклопрофили, ситалл, кварц, керамика и др.) лазерным лучом и его охлаждения струей инертного газа происходит формирование термонапряжений по линии воздействия луча. При превышении этими напряжениями предела прочности в материале образуются трещины. Перемещением источника нагрева по поверхности хрупкого материала можно управлять направлением распространения трещины и получать гладкую грань раздела. Этот способ более экономичен, чем лазерно-кислородная резка.

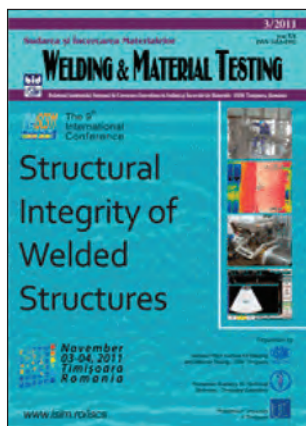
При лазерном термораскалывании стекла достигают точности разделения не более 0,1 мм. Скорости разделения зависят от толщины стекла. Термораскалыванием с использованием одностороннего поверхностного источника разогрева разделяют листовое стекло толщиной до 6 мм. Материалы с более высокими коэффициентами температуропроводности (кремний, поликор, сапфир) разделяют при более высоких скоростях. Технологию управляемого лазерного термораскалывания широко применяют в производстве дисплеев, защитных стекол различного назначения. По сравнению с механической резкой данная технология позволяет получать край с очень низкой плотностью микротрещин, что обеспечивает высокую механическую стойкость изделий.

**Лазерная сублимационная резка.** При большой интенсивности лазерного излучения в режиме очень коротких (наносекундной и пикосекундной длительности) импульсов удаление материала из зоны реза происходит за счет испарения (сублимации).

Характерные особенности процесса сублимационной резки: минимальное термическое воздействие на материал подложки; минимальный КПД процесса; длина волны излучения лазера, как правило, менее 1 мкм.

Этот способ применяют в основном для вырезки деталей из неметаллических материалов, таких как дерево, бумага, ткань, керамика, пластмасса и др. Материалы разрезают в основном без поддува газа. Однако при резке горючих материалов (бумага, ткань и др.) для получения гладкого необожженного края реза используют обдув инертным газом.

• #560



### Содержание №3–2011 журнала «Welding & Material Testing» (Румыния)

- H. Dascau, A. Sedmak, M. Rakin, D. Veljic, M. Perovic, B. Medjo, N. Bajic.** Численное моделирование стадии погружения при сварке трением с перемешиванием — различные инструменты
- A. Alil, B. Katavic, M. Ristic, D. Jovanovic, M. Prokolab, S. Budimir, M. Kocic.** Структурные и механические свойства различных покрытий, нанесенных на рабочие поверхности лопаток вентиляторов
- K. Colic, S. Petronic, A. Sedmak, A. Milosavljevic, Z. Kovacevic.** Лазерная сварка нержавеющей стали, используемой в медицине
- R. Gabor, R. Cojocar, C. Ciuca, L. Botila.** Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов EN AW 6082 — EN AW 5083



### Содержание №5–2011 журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша)

- M. Zeman, M. Jomozik, J. Brozda.** Проблемы сварки водяных котлов, изготовленных из стали T24
- M. Banasik.** Лазерная сварка с использованием металлической присадочной проволоки лазерами различных типов
- K. Staniszewski, S. Sikora, J. Czuchryj.** Оценка качества сварных соединений в строительных конструкциях на основе рентгенографических исследований и по уровню качества «В+»
- P. Gotowski, R. Jachym, H. Fryc.** Сварка дуплексных сталей при производстве железнодорожных составов

**A. Klimpel.** Анализ возможности изменения химического состава стали класса L 555 с учетом свариваемости

**M. Saperski.** Технология сварки рулевого вала при ремонте судна

**G. Rogalski, J. Labanowski.** Аттестация технологии сварки в соответствии с нормами PN-EN-ISO 15613 на примере изготовления труб, применяемых в плоскотрубных теплообменниках



### Содержание №8–2011 журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша)

- A. Siennicki.** Перспективы развития роботизации дуговой сварки в защитных газах
- T. Pfeifer.** Развитие рынка промышленных роботов в Польше и в мире
- A. Nieroba.** Установка Crocodile 814 (Krokodyl 814) в производстве опор для ветровых электростанций
- C. Paul, L. Hofner.** Сенсоры в роботизированной сварке
- W. Gawrysiuk, M. Siennicki.** Роботизация гибридной сварки — примеры применения

**K. Poch, P. Wojtas.** Ошибки при измерении физических величин на основе методов неразрушающего контроля сварных соединений





15-18.05.2012



# СВАРКА 2012 WELDING



ПРИ СОДЕЙСТВИИ  
НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА ПО СВАРКЕ РАН  
НАЦИОНАЛЬНОГО АГЕНТСТВА КОНТРОЛЯ СВАРКИ (НАКС)  
АЛЬЯНСА СВАРЩИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА  
И СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ, MESSE ESSEN GMBH  
CHINESE MECHANICAL ENGINEERING SOCIETY (CMES)



**XV МЕЖДУНАРОДНАЯ СВАРОЧНАЯ ВЫСТАВКА**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ +7 812 3212631/2722 WWW.WELDING.LENEXPO.RU



# Mashex-2011

## 14-я международная специализированная выставка машиностроения и металлообработки

*В Москве, в ЦВК «Экспоцентр», с 25 по 28 октября проходила 14-я международная специализированная выставка машиностроения и металлообработки Mashex. На площадке свыше 5000 кв. м новинки машиностроительной отрасли представили 132 компании из 11 стран мира.*

Организаторами выставки выступили Международная выставочная компания MVK и ЦВК «Экспоцентр». Официальную поддержку выставке оказали Российская ассоциация производителей станкоинструментальной продукции «Станкоинструмент», Московская торгово-промышленная палата, Союз машиностроителей России, Российский союз литейщиков, Научно-промышленная ассоциация арматуростроителей, Ассоциация компрессорщиков и пневматиков.

Высокий уровень организации и проведения выставки подтверждает почетный знак Всемирной ассоциации выставочной индустрии (UFI).

В этом году в выставке принимали участие такие известные компании, как «СФ Технологии», «Прима Пауэр», «Ками-Металл», корпорация «Интервесп», Robur International, «МВМ Инжиниринг», группа компаний «Станко», «Вебер Комеханикс», Durmazlar, Ermaksan, SPINNER-Werkzeugmaschinenfabrik, «Атлас Копко», холдинг «Белфингрупп», «Перитон Индастриал», Дмитровский завод фрезерных станков и многие другие.

С представленным на выставке оборудованием для металлообработки (роботы, лазеры, прецизионные машины, CAD/CAM (PLM), литейными и формовочными машинами, оборудованием для сварки и термообработки ознакомились 5248 посетителей-профессионалов.



Деловая программа выставки строилась с учетом актуальных потребностей производителей и потребителей во всех отраслях промышленности. С успехом прошли конференции «Материалы. Технологии, сварка, неразрушающий контроль. Проблемы сегодняшнего дня» и «Инновационное станкостроение. Комплексные технологии. Наука. Производство».

На пресс-конференции «Подписание соглашения о сотрудничестве Международной выставочной компании MVK и ЦВК «Экспоцентр» по организации осенней машиностроительной выставки» экспонентам и посетителям сообщили о том, что с 2012 г. стар-

тует обновленный выставочный проект «Mashex при поддержке Технофорум». Ранее это были два самостоятельных проекта: Mashex (организатор – MVK) и «Технофорум» (организатор – ЦВК «Экспоцентр»). При этом главным отличием выставки 2012 г. станет существенное расширение тематики. Она будет включать металлообработку, лазеры, литейное и формовочное оборудование, инструмент, гидравлику, системы автоматического проектирования, прецизионные машины, роботы, оборудование для термообработки, комплектующие и материалы, технологическую оснастку, инжиниринг. Формирование проекта будет осуществляться совместно MVK в составе группы компаний ITE и ЦВК «Экспоцентр».

15-я международная специализированная выставка «Mashex при поддержке Технофорум 2012» пройдет 15–22 октября 2012 г. в ЦВК «Экспоцентр», павильон «Форум».

● #561

# X Международный промышленный форум

*С 22 по 25 ноября 2011 г. в Киеве на территории Международного выставочного центра прошел 10-й юбилейный Международный промышленный форум.*

Форум ежегодно проходит по Распоряжению КМУ, что является высшим уровнем признания выставки со стороны государства. С 2005 г. Форум вошел в список ведущих промышленных выставок мира, официально признанных Всемирной ассоциацией выставочной индустрии.

Организаторами форума выступили Государственное агентство по управлению государственными корпоративными правами и собственностью, УНК «Укрстанкоинструмент», ООО «Международный выставочный центр».

Промышленный форум проходил в двух павильонах на площади 17 000 кв.м. В специализированных выставках приняли участие 494 компании из 32 стран мира. Форум посетили 10 607 человек. В рамках Форума было представлено 5 национальных экспозиций: Белорусской Республики, Российской Федерации, Словацкой Республики, Турции и Чешской Республики.

На Форуме традиционно были представлены украинские станкоинструментальные заводы: ХЗКПО «Пригма-Пресс» (Хмельницкий), ХК «Микрон» (Одесса), ОАО «Одесский завод радиально-сверлильных станков», ПАО «Краматорский завод тяжелого станкостроения», ОАО «Пресмаш» (Ивано-Франковск), ЧП «Чип» (Нововолыньск) и другие. Здесь специалисты впервые могли посетить стенд флагмана украинского машиностроения АО «Мотор Сич».

Наряду с постоянными участниками — Беларусью, Словакией и Турцией — после годичного перерыва представительным и многочисленным был национальный павильон Чехии. И несомненным украшением десятилетнего юбилея Форума можно считать экспозицию России, состоящую под патронатом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Еще одной новинкой 2011 г., которая привлекла к себе повышенный интерес посетителей, можно назвать участие мирового лидера, одного из круп-

нейших производителей металлообрабатывающего оборудования DMG (Германия).

Особым интересом у посетителей Форума пользовалось оборудование представительств европейских и японских станкоинструментальных компаний, таких как OKUMA, Spinner Werkzeugmaschinenfabrik GmbH, Knuth Werkzeugmaschinen GmbH, Sodick Company Ltd, Behringer GmbH и др.

Широкомасштабными и насыщенными были экспозиции украинских дилеров: AFTGroup ТМ (Киев), «Абпланалп Украина» (Киев), ООО «АКМА-Станкоимпорт» (Днепропетровск), ТД «Алиста» (Днепропетровск), ООО «Батекс» (Киев), ООО ТЦ «Вари-Ус» (Днепропетровск), ООО «Вебер Комаханикс Украина», ООО



«Дельта» (Днепропетровск), ЗАО ДИТЦ «Контакт» (Днепропетровск), СП «Стан — Комплект» (Киев), «Сфера-Техно» (Киев).

Одним из показателей улучшения состояния рынка в Украине стал тот факт, что объем экспозиций инструментальных компаний превысил даже докризисные размеры. Участниками выставки стали фирмы Sandvik Coromant, Seco AB, Iscar, Guehring OHG, Walter, Kennametal, Bahco, Nuova, Harditalia, «Проминструмент», «Инстайл», «Киевинструмент», «Инструменты» «Полтавский алмазный инструмент», «Днепр-Инструмент», «Досс-Инструмент», «Будэкс Технологии» и другие.

Тесное сотрудничество государственных органов и производителей в сочетании с лучшими на сегодняшний день в Украине организационными и техническими возможностями Международного выставочного центра позволили провести Промышленный форум на достойном уровне. ● #562

# Международный конгресс «Advances in Welding Science and Technology for Construction, Energy & Transportation Systems AWST–2011»

(Современные разработки в области сварочной науки и технологии для нужд строительства, энергетических и транспортных систем)

**Е. П. Чвертко**, IWE, Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»

*Большой успех 63-й Ежегодной ассамблеи Международного института сварки, проведенной летом 2010 г. в Стамбуле и собравшей более 900 участников, вдохновил представителей Турции на организацию международного конгресса AWST–2011. Конгресс прошел 24–25 октября в Анталии, в гостиничном комплексе Gloria Golf Resorts на берегу Средиземного моря, в котором были созданы все условия как для плодотворной работы, так и для отдыха в свободное время.*

Организаторами конгресса выступили Международный институт сварки, Университет им. Гедика, Фонд образования и социальной поддержки им. Гедика (GEV) и Турецкая академия сварочных технологий (ТКТА). Участие в организации мероприятия представителей системы образования отразилось и на перечне вопросов, рассматриваемых на конгрессе — отдельно была выделена секция, посвященная обучению в области сварки и родственных технологий.

Конгресс в Анталии собрал 140 специалистов более чем из 25 стран мира. Самая многочисленная делегация представляла хозяев мероприятия — более 60 человек. Следующими по численности стали делегации Ирана — 15 человек и Германии — 10 человек. Делегация Украины состояла из трех представителей: проф. С. Ю. Максимова, проф. В. А. Лебедева (ИЭС им. Е. О. Патона) и Е. П. Чвертко (НТУУ «КПИ», сварочный факультет).

В ходе конгресса были проведены заседания 12 секций:

- современные сварочные материалы;
- процессы и свойства (2 секции);
- технология лазерно-гибридной сварки;
- сварные конструкции;
- сварка трением с перемешиванием;
- проектирование и свойства сварных узлов (2 секции);
- неразрушающий контроль;
- проектирование и мониторинг состояния сварных узлов;

- образование и обучение;
- сварка труб.

Также были представлены около 40 стендовых докладов.

На церемонии открытия с приветствием выступили Президент Фонда им. Гедика Хулия Гедик и Председатель оргкомитета Мустафа Кочак.

В ходе пленарного заседания участники прослушали две лекции. Первая была посвящена интенсивно развивающемуся направлению — проектированию сварных конструкций, работающих в условиях природных катаклизмов (землетрясений, наводнений и т. д.). В частности, речь шла о совместном немецко-итальянском проекте MOSE, посвященном строительству дамб в Венецианском заливе. Дамбы обеспечат разность уровней воды в море и в заливе до 2 м, что предотвратит наводнения в последующие 100 лет, даже с учетом общего повышения уровня воды в море. Следует отметить, что многие доклады об определении и моделировании напряженного состояния сварных узлов, усталостного разрушения, технологической прочности затрагивали вопросы работы в экстремальных условиях.

Вторую лекцию прочел бывший Президент Международного института сварки, а с 2011 года Председатель Международной комиссии по аккредитации IAB У. Дилтей. Его доклад был посвящен общей роли сварочных технологий в развитии инженерной отрасли и в повседневной жизни.

В ходе конгресса прозвучали доклады еще четырех приглашенных лекторов: «Разработки в области проектирования сварных конструкций, работающих на усталость» — в секции «Современные сварочные материалы», «Факторы, влияющие на ударную вязкость труб, сваренных индукционной сваркой» — в секции «Процессы и свойства», «Применение гибридной лазерной сварки



для наложения односторонних швов с полным проваром для нужд судостроения» — в секции «Технология лазерно-гибридной сварки» и «Международные схемы обучения и сертификации сварочного персонала» — в секции «Образование и обучение».

Представители Украины сделали два доклада: «Новое оборудование для подводной полуавтоматической и автоматической сварки и резки порошковой проволокой» и «Технология контактной стыковой сварки оплавлением стержневой арматуры в конструкциях из монолитного железобетона». Последний был посвящен технологиям, примененным при сооружении зрительских трибун VIP-сектора НСК «Олимпийский» и эстакады терминала D аэропорта Борисполь.

Отдельный интерес представило заседание, посвященное сварке труб. На нем обсуждались результаты трехстороннего проекта, в котором принимают участие ИЭС им. Е. О. Патона (Украина), предприятие «Псковэлектросвар» (Российская Федерация) и компания «KZU Group Engineering» (Болгария). В ходе проекта выполняются работы по разработке и усовершенствованию технологии сварки магистральных трубопроводов большого диаметра в полевых условиях, в частности, труб из высокопрочных сталей диаметром 1420 мм с толщиной стенки до 30 мм. О текущих результатах проекта рассказал в своем докладе П. Даржанов (Болгария). Он отметил, что за основу в проекте были приняты технологии и оборудование, разработанные во второй по-



ловине прошлого века ИЭС им. Е. О. Патона. Однако морально устаревшее оборудование потребовало существенной модернизации и дооснащения современными средствами измерения и управления, а саму технологию пришлось пересмотреть в свете новых требований к свойствам сварных соединений. В результате совместных работ были предложены технология контактной стыковой сварки оплавлением с последующей термической обработкой и комбинированная технология сварки, при которой «подварочный шов» толщиной 15 мм выполняют контактным способом, а остальные проходы — сваркой в защитных газах. Доклад бурно обсуждался, но в целом проект получил всеобщее одобрение.

Подводя итоги, участники конгресса отметили его актуальность и пользу для дальнейшего развития науки и технологии сварки и родственных процессов. ● #563

## 7-я Международная конференция «Лучевые технологии и применение лазеров»

19–21 сентября 2012 г. (Санкт-Петербург)

Организаторы: Российская академия наук, Министерство образования и науки РФ, Санкт-Петербургский государственный политехнический институт, Институт лазерных и сварочных технологий, Европейское оптическое общество, Союз немецких инженеров, Центр лазерных технологий.

### Тематика конференции:

- Физические основы лучевых технологий.
- Нанопотоника.
- Математическое моделирование лучевых технологий.
- Технологии резки, прошивки отверстий, маркировки, гравировки и скрайбирования.
- Технологии сварки, наплавки и прототипирования.
- Оборудование для лучевых технологий.
- Контроль качества и безопасность.
- Фотонные технологии живых систем и медицинское применение лазеров.

В конференции примут участие ведущие ученые и специалисты в данных областях.

Более подробную информацию Вы можете получить, связавшись с международным организационным комитетом:

195251 Россия, Санкт-Петербург,  
Политехническая ул., 29.

Санкт-Петербургский государственный политехнический институт. Институт лазерных и сварочных технологий

Тел./факс: +7 (812) 552-98-43

E-mail: e.pozdeeva@ltc.ru, ilist@ltc.ru

www.ilwt-stu.ru, www.laser-its.org



# СВАРКА и РЕЗКА

12-я международная специализированная  
выставка оборудования, приборов  
и инструментов для сварки и резки



Международный специализированный салон  
**Защита от коррозии. Покрытия**

Беларусь, Минск,  
пр-т Победителей, 20/2  
Футбольный манеж

**10-13. 04. 2012**



Организатор:

**МИНСКЭКСПО**

Тел.: +375 17 226 98 58

+375 17 226 90 83

Факс: + 375 17 226 98 58

+375 17 226 99 36

E-mail: e\_fedorova@solo.by

Информационная поддержка:



Генеральный информационный  
партнер:

**инфобазы**  
www.infobaza.by  
**Сварщик**  
в Беларуси

**17-20 апреля 2012 г.**  
**Санкт-Петербург**

При поддержке Северо-Западного  
федерального округа Российской Федерации  
и Комитета экономического развития,  
промышленной политики и торговли Санкт-Петербурга

**14-я Международная научно-практическая конференция**

**«ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ, НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ И РЕМОНТА:  
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»**

В рамках конференции пройдут  
школы-семинары:

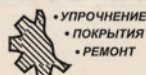
- НАПЛАВКА, НАПЫЛЕНИЕ, ОСАЖДЕНИЕ – ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ
- УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ И ОБОРУДОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
- ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЯ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА, ШТАМПОВ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕСС-ФОРМ
- ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ОСНАСТКИ, КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ИНСТРУМЕНТА И ШТАМПОВ



[www.plasmacentre.ru/conf](http://www.plasmacentre.ru/conf)

Организаторы:

- Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
- НПФ «Плазмацентр»



**Плазмацентр**

Заявки на участие принимаются:  
тел.: +7 (812) 444 93 37, +7 (921) 973 46 74  
факс: +7 (812) 444 93 36  
e-mail: info@plasmacentre.ru





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



ПАТОН ЭКСПО  
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ ПАТОН ЭКСПО 2012



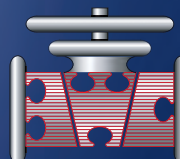
Киев

17–19 апреля 2012

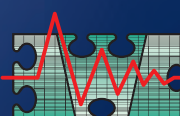
ВЦ «КиевЭкспоПлаза»



Сварка.  
Родственные  
технологии



Трубопроводный  
транспорт



Неразрушающий  
контроль

НАЦІОНАЛЬНА АКЦІОНЕРНА КОМПАНІЯ  
**НАФТОГАЗ**  
У К Р А Ї Н И

Национальная  
акционерная компания  
«Нафтогаз Украины»

ПРИ СОДЕЙСТВИИ:



Общество сварщиков  
Украины



Ассоциация ОКО



Национальная  
Академия наук  
Украины



Ассоциация  
промышленного  
арматуростроения  
Украины



Киевская Торгово-  
промышленная  
палата



Украинское Общество  
неразрушающего  
контроля и технической  
диагностики

Входной «билет» — Ваша визитка!

ОДНОВРЕМЕННО В ВЦ «КиевЭкспоПлаза»  
ПРОЙДУТ СЛЕДУЮЩИЕ ВЫСТАВКИ:



Выставка энергетики, электро-  
техники, энергоэффективности  
компании «Евроиндекс»

<http://www.elcom.ua/>



Kyiv Technical Trade Show  
компании ТДС-Экспо:

- Проволока & метизы
- Трубы & фитинги
- Листовой металл
- Инженерия поверхности

<http://www.weldexpo.com.ua/>

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Пути повышения эксплуатационной безопасности и долговечности железнодорожного транспорта на основе инновационных технологий сварки и родственных процессов
- Неразрушающий контроль и техническая диагностика

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

Т./ф. +38 044 200-80-89

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



# Трудный путь легкого металла в ракетостроение

## Дуговая сварка. Часть 2

А.Н. Корниенко

*По заказам М.К. Янгеля и других ракетчиков в ИЭС им. Е.О. Патона для изготовления конструкций из алюминия и его сплавов в условиях информационной и экономической блокады впервые в мире были созданы технологии импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом, плазменной сварки на переменном токе и микроплазменной сварки разнополярными импульсами. Ряд конструктивных решений, предложенных М.К. Янгелем (минометный старт, ампулизация, автономное управление и др.) значительно опередили разработки коллег из других стран. Это стало наглядной демонстрацией достижений Советского Союза во многих научно-технических направлениях.*

Ракетный комплекс Р-12 (проект ракеты 8К63; по классификации США SS-4) с ракетой, созданной С.П.Королевым в 1953 г., был одобрен и принят на вооружение. Документацию для серийного производства передали в Днепропетровск. Однако М.К.Янгель доработал проект и довел дальность полета до 2 тыс. км. Учитывая, что стартовая масса увеличилась, В.П.Глушко создал мощный и надежный двигатель на высококипящих компонентах топлива (РД-214), используя задел двигателя конструкции ОКБ-23 В.М.Мясищева. Это была первая в мире ракета с отделяющейся моноблочной головной частью с ядерным зарядом и кратчайшим сроком перевода в полную боевую готовность, а также с автономной инерционной системой управления, ее нельзя было сбить с курса, так как она не реагировала на радиопомехи.

Первое время несущие баки ракеты диаметром 1,65 м из листов алюминий-магниевого сплава АМг6 изготавливали с применением автоматической аргонодуговой сварки. К сожалению, при пробных пусках в 1957 г. некоторые ракеты взрывались, и когда причины установить не удавалось, под подозрением оказывалось и качество сварных соединений. Интересный прием ликвидации аварии, использованный однажды,



стал традицией и, как примета, залогом успешного старта. Б.Е.Черток, заместитель С.П.Королева, вспоминает: «Подготовка к первому пуску ракеты Р-9 проходила с большой задержкой. С пятичасовой задержкой наконец вышли на пятнадцатиминутную готовность. Воскресенский, стоявший у перископа, вдруг объявил: «Дать всем службам задержку». Повернувшись к нам, он сказал, что есть заметная течь кислорода из фланцевого соединения: «Я выйду, осмотрю. Оставшев со мной, остальным не выходить». Осмотрев парящее место, они не спеша скрылись за ближайшей стенкой. Минуты через две Воскресенский вышел и быстро направился к ракете. На вытянутой руке он что-то нес и приложил это к парящему месту. За несколько секунд прочная ледяная корка-заплата «заштопала» дефект. Течь прекратилась, клубящихся паров больше не было. Пуск прошел успешно... От Осташева мы узнали подробности ремонта: «Воскресенский снял свой берет, бросил на землю и помочился. Осташев присоединился и тоже добавил влаги». Этот берет и стал надежной заплатой, устранившей течь.

К решению проблем ракетостроения подключили ИЭС им. Е.О.Патона. В соответствии с принципом «от идеи до внедрения» Б.Е.Патон организовал в ИЭС многоуровневую структуру подразделений, связанных конкретными задачами ракетостроения, координировал их деятельность, мгновенно откликаясь на звонки и письма руководителей, вызывая на совещания исполнителей, ставя задачи, предлагая решения и контролируя результаты. Директор и его заместители выезжали в министерства, КБ и на заводы, оперативно решали организационные вопросы и проблемы технологий. 7 июня 1969 г. КБ и завод в Днепропетровске в сопровождении Б.Е.Патона посетил президент АН СССР М.В.Келдыш. Отделы новых процессов выполняли фундаментальные исследования и создавали научные основы для технологических и конструкторских отделов. Здесь, в свою очередь, разрабатывали конкретные технологии и исследовали особенности применения новых материалов. Руководителем отдела сварки легких металлов был назначен Д.М.Рабкин. Оборудование конструировали под руководством В.Е.Патона (В.Б.Смолярко, В.В.Стесин, В.Д.Ковалев и др.). Был создан специальный отдел внедрения сварки в ракетостроение, а его руководителем назначен Б.А.Стебловский.

Борис Антонович Стебловский (06.08.1929–29.07.2006) окончил КПИ и в 1957 г. начал работать инженером в ИЭС им. Е.О.Патона. Разработал ряд способов сварки в инертных газах неплавящимся и плавящимся электродами, первым в стране защитил диссертацию по сварке в ракетостроении. По мере разработки новых технологий в отдел внедрения переводили ведущих сотрудников научно-исследовательских и технологических отделов (В.П.Будник, И.В.Буряк, А.Н.Корниенко, Ю.М.Лосев, В.А.Мищенко, Н.Н.Слепченко и др.). Его отдел пополнялся компетентными энергичными сотрудниками (Г.С.Артеменко, В.И.Завирюха, Ю.А.Рябец и др.). Б.А.Стебловский руководил работами по совершенствованию технологий в соответствии с требованиями ракетостроения. В команде Стебловского было всего два десятка сотрудников, а число ракетных заводов, где внедрялись новые технологии, быстро увеличивалось. Всем приходилось месяцами работать в Москве, Реутове, Днепропетровске, Куйбы-



В президиуме XXIII съезда КПУ. Первый секретарь П. Шелест — «О перспективах строительства коммунизма»; Б.Е. Патон и М.К. Янгель — «О проблемах ракетостроения». 16 марта 1966 г.

шеве, Оренбурге, Омске (завод №166), Байконуре, Капустинском Яре и на других подшефных объектах.

Контрольные пуски Р-12 в декабре 1959 г. были успешно завершены, и серийное производство ракеты 8К63 в наземном и шахтном вариантах было развернуто на заводах №586, №166, №172, №47. Это была самая массовая баллистическая ракета дальнего действия (МБРДД). Защищенность ракетных комплексов значительно повысилась благодаря возможности содержания ракет в постоянной боевой готовности. На базе нового вида вооружения в СССР был создан новый род войск — Ракетные войска стратегического назначения (РВСН). Комплекс Р-12 нес боевое дежурство до тех пор, пока в 1989 г. М.С.Горбачев по требованию США не распорядился снять его с вооружения и ликвидировать. Очередной ракетный комплекс Р-14 с баллистической ракетой

среднего класса 8К65, SS-5 с дальностью полета до 4500 км в апреле 1961 г. был принят на вооружение и стал первым в мире комплексом стратегического назначения, обеспечив еще более высокую степень обороны СССР и дружественных стран.

Для изготовления емкостей для хранения и перевозки топлива из сплавов АМг6, АМЦс и технического алюминия толщиной 20–30 мм необходимо было повысить проплавленную способность сварки с максимальной концентрацией энергии дуги. С начала 1960-х гг. создается оборудование и технология импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в инертных газах (Б.Е.Патон). В то же время в ИЭС им. Е.О.Патона впервые в мире были разработаны способы плазменно-дуговой сварки на переменном токе (ПДС) (Д.А.Дудко, С.П.Лакиза, Ф.М.Виноградский, А.Н.Корниенко) и микроплазменной сварки разнополярными импульсами (Б.Е.Патон, В.С.Гвоздецкий, Н.М.Воропай). Важным достоинством процесса ПДС является снижение тепловложения и исключение включений оксидной пленки в швах. По результатам исследования плавления и испарения электродной и присадочной проволоки были разработаны оптимальные составы сварочных материалов (А.Я.Ищенко). Оригинальные составы и конструкции неплавящихся электродов повысили стабильность процессов дуговой сварки (О.Н.Иванова, А.Н.Корниенко, Б.А.Стебловский).



Технологию ПДС на переменном токе сначала отказались внедрять, объяснив, что по агентурным данным НАСА применяет ПДС на постоянном токе. Однако экспериментально в заводской лаборатории доказали, что при американской технологии может оставаться оксидная пленка — дефект, который почти невозможно выявить. Следует отметить, что департаментом сварки НАСА руководил А.С.Nunes — тот самый, который пытался опровергнуть приоритет Н.Н.Бенардоса (см. «Сварщик» №3-2011). Не исключено, что причиной катастрофы «Челенджера» могли быть пленки, оставшиеся в сварном шве. Через пять лет появилась информация, что в США уже применяют ПДС на переменном токе.

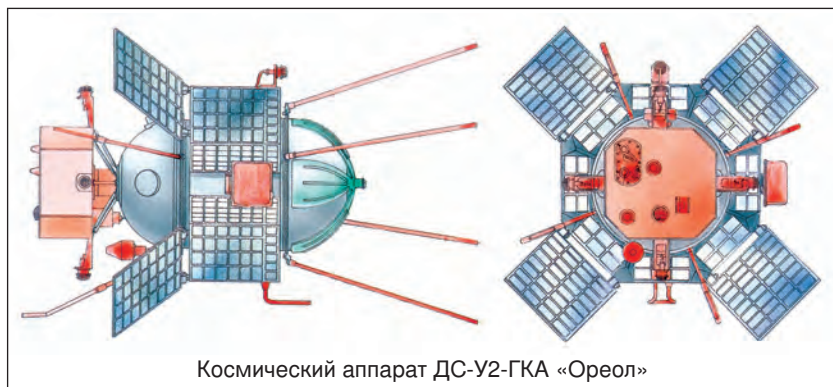
Микроплазменная сварка была внедрена в первую очередь для изготовления и приварки сильфонов и мембран. Наиболее высокой концентрации энергии удалось достичь при сварке вольфрамовым электродом в гелии на токе прямой полярности (ГДС) (В.П.Будник, Б.А.Стебловский, О.Н.Иванова и др.). На заводе «Прогресс» для изготовления топливных баков космического комплекса «Буран» из сплава 1201 была применена ГДС в комбинации с дуговой сваркой плавящимся электродом. В ОКТБ ИЭС им. Е.О.Патона было создано сварочное оборудование с учетом особенностей конструкций ракет (В.Е.Патон, В.Д.Ковалев, А.Н.Корниенко, В.А.Котов и др.). Значительное количество работ по повышению качества швов и герметичности выполнены патоновцами совместно с сотрудниками КБЮ, ЮМЗ, КПИ и других предприятий, КБ и институтов; несколько главных сварщиков защитили диссертации (Г.Л.Зубриенко, Б.П.Ржанов, О.С.Кузьминок и др.). Качество сварных соединений тщательно контролировали. Баки проверяли на герметичность течеискателями, 100% рентгеновским контролем, вакуумированием до  $10^{-6}$  Па и другими методами, в том числе и разработанными в ИЭС им. Е.О. Патона (В.А.Щечаль, М.И.Валевич, В.А.Котов, А.Н.Корниенко и др.). Отдельные изделия проходили гидравлические испытания на прочность. Своеобразная проверка на герметичность прошла в 1969 г. На ЮМЗ после испытания наливом топлива пропарили бак и случайно сразу плот-

но закрыли заглушку. Утром с удивлением обнаружили, что в процессе остывания пара бак с толщиной стенок 12 мм полностью смялся и нигде не треснул. Лучшего подтверждения надежности сварки нельзя было и придумать.

Наблюдая за работой бригады Стебловского, М.К.Янгель как-то поделился своей мечтой — достичь ампулизации топливных баков и, следовательно, увеличить длительность нахождения в боевой готовности без дозаправки. Директор Южмаша А.А.Макаров вспоминает: «Малейшая негерметичность приводила к появлению в шахтной пусковой установке агрессивных паров, которые быстро повреждали кабели, приборы и многие важные элементы ракеты. Несколько увеличенная негерметичность могла привести к самовоспламенению паров компонентов, а это — авария с огромными материальными затратами и экологическими последствиями. Как было установлено позже, топливо, применяемое в ракете (меланж и др.), кроме токсичности и высокой химической активности, обладало еще и высокой капиллярной проницаемостью паров. Над исключением негерметичности лучшие научные и исследовательские силы Союза работали почти два года. Совместно с ИЭС им. Е.О.Патона были созданы специальные сварочные аппараты для сварки стыков трубопроводов вращающимся электродом на собранной ракете. Для этого в цехе главной сборки был организован сварочный участок, где все работали в белых халатах и два раза в день проводилась влажная уборка». На заводах за соблюдением утвержденных технических условий, в том числе режимов подготовки, сборки и сварки следили военпреды.

На 1960-е гг. приходится пик производства и установки ракетных комплексов Р-12 и Р-14, нацеленных в основном на объекты в Западной Европе. Большинство историков и политиков признают, что это обстоятельство стало серьезным фактором, сдерживающим агрессивные планы НАТО. В октябре 1962 г. на Кубе разместили 24 пусковые установки Р-12 и 16 установок Р-14. Впервые США оказались беззащитными против советского оружия. Возник Карибский кризис. Конфликт завершился вывозом ракет с территории Кубы в обмен на ликвидацию военных баз США в Турции.

М.К.Янгель продолжал совершенствовать ракетные комплексы Р-14. Кроме того, в феврале 1957 г. был разработан проект двухступенчатой ракеты МБРДД Р-16 (8К64; SS-7) с дальностью полета 13000 км и мощностью заряда до 5 Мт. К сожалению, 24 октября 1960 г. при подготовке к первому пуску (спешили к юбилею Великой Октябрьской Социалистической революции) на НИИП-5 (в/ч 11284 Бай-



Космический аппарат ДС-У2-ГКА «Ореол»



Знаки почтовой оплаты, посвященные М.К. Янгелю



Медаль М.К. Янгеля, учрежденная Федерацией космонавтики



конур) неожиданно запустились двигатели второй ступени. При взрыве ракеты на старте погибли 74 человека (по неофициальным данным — более 100), в их числе Главком РВСН зам. министра обороны М.И.Неделин. Сам Янгель и еще несколько человек чудом остались живы. Михаил Кузьмич болезненно перенес эту трагедию. Новый пуск в феврале 1961 г., как и следующие, были успешными, и на заводах №586 и №166 началось серийное производство. Первые ракетные комплексы Р-16 находились на боевом дежурстве 12 лет (с 1962 по 1974 г.).

Следующей разработкой, выполненной под руководством Янгеля, были ракетные комплексы Р-36 — межконтинентальный (с ракетой 8К67, SS-9) и орбитальный (с ракетой 8К69). Стартовый вес — 181 т, длина — 32,5 м, диаметр корпуса — 3,0 м. Особенностью орбитальной ракеты является возможность вывода головной части с ядерными зарядами с двигательной установкой на борту на орбиту искусственного спутника и ее сброс в любую точку земного шара. Такое оружие нельзя обнаружить и уничтожить. Комплекс Р-36 (8К67П) с разделяющейся головной частью 26 октября 1970 г. был принят на вооружение. На нескольких заводах было организовано их серийное производство. Благодаря новым технологиям удалось повысить надежность изделий, уменьшить вес конструкций, упростить конструкции узлов. Заправочно-сливные магистрали выводились на нижний торец ракеты, дренажные магистрали первой и второй ступени — на соответствующие переходники. Все магистрали выполняли сварными. Таким образом была решена проблема обеспечения высокой степени герметичности баков и топливных систем и реализована идея М.К.Янгеля по ампулизации ракет. 13 июля 1971 г. состоялся успешный пуск Р-36 (8К67) из шахты. О высоком качестве изготовления ракетно-космической техники можно судить хотя бы по такому факту: из 43 контрольных пусков Р-36 (до 1997 г.) было лишь шесть аварийных, причем не вызванных нарушением герметичности. 17 апреля 1997 г. на Байконуре успешно запустили ракету, простоявшую на дежурстве 19 лет.

При разработке боевых ракет М.К.Янгель предусмотрел возможность использования их для запуска искусственных спутников Земли. И в Днепропетровске началось создание космических аппаратов. 16 марта 1964 г. ракетой-носителем «Космос» (на базе Р-12) был запущен первый космический аппарат ДС-1 «Днепропетровский спутник». 14 октября 1969 г. запуском спутника «Интеркосмос» было положено начало международному исследованию космического пространства (спутники «Ореол», «Ариабата», «Бхаскара» и др.).

Первый экспериментальный пуск тяжелой жидкостной ракеты МБРДД 15А14 из транспортно-пускового контейнера, состоявшийся 22 октября 1971 г., оказался последним прижизненным триумфом янгелевских разработок. Удалось реализовать идею минометного старта — выбрасывать ракету из контейнера под действием отдельного заряда, а двигатели запускать уже в полете. В США подобное осуществили только через семь лет. Янгель не успел завершить и разработку ракеты для боевого железнодорожного ракетного комплекса.

25 октября 1971 г. во время поздравления с 60-летием сердце Михаила Кузьмича Янгеля, который мужественно боролся за воплощение своих работ, выдержал неисчислимое количество неприятностей, перенес тяжелое воспаление легких и шесть инфарктов, остановилось. Главного конструктора похоронили в Москве на Новодевичьем кладбище. Памятники М.К.Янгелю установлены в Усть-Илимске, Нижне-Илимске и Днепропетровске. Его именем названы КБ «Южное», Институт радиоэлектроники в Харькове, улицы в Москве, Киеве, Днепропетровске, кратер на Луне и океанский теплоход. На домах, где он жил и работал, установлены мемориальные доски. Национальная академия наук Украины основала премию имени М.К. Янгеля, Федерация космонавтики — медаль его имени. Его труд отмечен Ленинской премией (1960) и Государственной премией СССР (1967), четырьмя орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции, медалями, Золотой медалью им. С.П.Королева.

● #564



# 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».**

481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492  
493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504  
505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516  
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

Ф. И. О. \_\_\_\_\_  
Должность \_\_\_\_\_  
Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Подробный почтовый адрес: \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

Заполняется  
печатными  
буквами

подпись

## Формуляр читателя

Ф. И. О. \_\_\_\_\_  
Должность \_\_\_\_\_  
Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Виды деятельности предприятия \_\_\_\_\_  
Выпускаемая продукция / оказываемые услуги \_\_\_\_\_  
Руководитель предприятия (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_  
Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_  
Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

## Тарифы на рекламу 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

## ТМ.ВЕЛТЕК™

КРУПНЕЙШИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК  
ДЛЯ СВАРКИ, НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ



Производственная база ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» это единственный на Украине комплекс с полным технологическим циклом изготовления порошковых проволок мощностью до 5000 тн/год. Качество продукции и надежность компании подтверждаются многочисленными наградами национальных и международных выставок и рейтингов.

Высококвалифицированный и многоопытный производственный персонал. Многолетние связи с производителями сырья или их официальными представителями. Многочисленные «Ноу-хау» в составах проволок и технологии их изготовления и применения.

Стремление учиться, совершенствоваться и прогрессировать.

03680, г.Киев, Украина,  
ул.Боженко 15, оф.303,507  
weldtec@iptelecom.net.ua

тел. (044) 200-86-97  
факс(044) 200-84-85  
www.veldtec.ua



## НАВКО-ТЕХ

Automatic machines and robots for arc welding

Автоматические установки и роботы  
для дуговой сварки и наплавки



УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ  
ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ШВОВ

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ  
КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ

РОБОТТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА

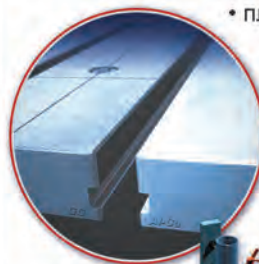


Украина, Киев  
Тел.: +38 044 456-40-20  
Факс: +38 044 456-83-53

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

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

## Гибкая 3D система сварочных столов



- плавное перемещение креплений по т - 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)



# 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.