



ВЕЗДЕ, ГДЕ ЕСТЬ СВАРКА

- ◆ Сварочные материалы (проволоки, электроды, прутки, флюсы)
- ◆ Аксессуары и комплектующие для сварочных технологий
- ◆ Абразивные материалы и средства технической химии
- ◆ Средства индивидуальной защиты сварщиков
- ◆ Сварочное оборудование для автоматической, полуавтоматической, ручной сварки

e-mail: info@wutmarc.com.ua

www.wutmarc.com.ua

Киев
Донецк

т./ф. (044) 392 72 33
т./ф. (062) 348 33 38

Днепропетровск
Харьков

т./ф. (056) 790 86 64
т./ф. (057) 760 39 90



ЕКОТЕХНОЛОГІЯ

Київ 03150 вул. Горького, 62 sales@et.ua, equip@et.ua www.et.ua
т./ф. +380 44 200 8056 (багатокан.), 248 73 36, 287 27 16, 287 26 17, 289 21 81



Більш ніж 1000 найменувань
промислових товарів
кращих вітчизняних та іноземних виробників

ВСЕ КРАЩЕ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ





6 (82) 2011

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

Сварщик®

информационно-технический журнал

Технологии
Производство
Сервис

6-2011

СОДЕРЖАНИЕ

	Новости техники и технологий	4
	Технологии и оборудование	
	Тенденции развития технологий сварочного производства. <i>Г.И.Лашченко</i>	6
	Плазменное напыление термобарьерных покрытий на стенки реактора пироллиза. <i>С.В. Петров, Д.И. Рубец</i>	12
	Высокая производительность сварки с цифровыми сварочными системами Fronius	16
	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
	Рациональный подход к восстановлению деталей оборудования газотермическим напылением. <i>Ю.С. Коробов, В.И. Шумяков, А.С. Прядко</i>	20
	Оценка внутренних дефектов в стыковых сварных соединениях сосудов. <i>В.М. Долинский, В.Н. Стогний, В.И. Черемская</i>	27
	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>	30
	Порошковая проволока для наплавки деталей из марганцовистых сталей. <i>П.А.Косенко, Н.А.Соловей, Л.И.Чепурко, Ю.Н.Коваленко</i>	32
	Производство электродов в ПАО «ПлазмаТек». <i>В.П. Слободянюк, Н.В. Скорина</i>	34
	Наши консультации	38
	Зарубежные коллеги	40
	Подготовка кадров	
	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. Чвертко</i>	42
	Программы профессиональной подготовки на 2012 г. Межотраслевого учебно-аттестационного центра Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины	44
	Выставки и конференции	
	Итоги выставки «Weldex/Россварка 2011»	46
	V Международный семинар по сварке. <i>Е.Г. Красносельская</i>	48
	Страницы истории	
	Трудный путь легкого металла в ракетостроение. Дугая сварка. Часть 2. <i>А.Н.Корниенко</i>	50



Новини техніки й технологій	4
Технології й устаткування	
• Тенденції розвитку технологій зварювального виробництва. <i>Г.І.Лашченко</i>	6
• Плазмове напилювання термобар'єрних покриттів на стінки реактора піролізу. <i>С.В.Петров, Д.І.Рубець</i>	12
• Висока продуктивність зварювання із цифровими зварювальними системами Fronius.....	16
• Застосування контактної зварювання для виготовлення об'єкта енергетичного машинобудування. <i>Б.В.Федотов, В.В.Михайлов, В.В.Шарапов, М.С.Золотогоров, І.Н.Егоров</i>	18
• Рациональний підхід до відновлення деталей устаткування газотермічним напилюванням. <i>Ю.С.Коробов, В.І.Шумяков, А.С.Прядко</i>	20
• Оцінка внутрішніх дефектів у стикових зварних з'єднаннях посудин. <i>В.М.Долинський, В.Н.Стогній, В.І.Черемська</i>	27
• Установки УД681 і УД683 для автоматичного дугового наплавлення кругових ущільнювальних поверхонь в отворах трубопровідної арматури. <i>В.С.Романюк, А.В.Семененко, В.А.Ткаченко, А.К.Поліщук, Т.М.Пирумова</i>	30
• Порошковий дріт для наплавлення деталей з марганцевистих сталей. <i>П.О.Косенко, Н.А.Соловей, Л.І.Чепурко, Ю.М.Коваленко</i>	32
• Виробництво електродів у ПАТ «ПлазмаТек». <i>В.П.Слободянюк, М.В.Скорина</i>	34
Наші консультації	38
Зарубіжні колеги	40
Підготовка кадрів	
• Міжнародний конгрес Advances in Welding Science and Technology for Construction, Energy & Transportation Systems AWST-2011 (Сучасні розробки в області зварювальної науки й технології для потреб будівництва, енергетичних і транспортних систем). <i>Є.П.Чвертко</i>	42
• Програми професійної підготовки на 2012 р. Міжгалузевого учбово-атестаційного центру Інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України.....	44
Виставки й конференції	
• Підсумки виставки «Weldex/Россварка 2011».....	46
• V Міжнародний семінар по зварюванню. <i>Є.Г.Красносельська</i>	48
Сторінки історії	
• Важкий шлях легкого металу в ракетобудування. Дугове зварювання. Частина 2. <i>А.М.Корнієнко</i>	50
CONTENT	
News of technique and technologies	4
Technologies and equipment	
• The tendencies of development of technologies of welding production. <i>G.I.Lashchenko</i>	6
• Plasma sputtering of thermobarrier of coatings on walls of pyrolysis reactor. <i>S.V.Petrov, L.I.Rubets</i>	12
• High efficiency of welding with digital welding systems from Fronius.....	16
• 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>	18
• The rational approach to restoration of details of the equipment gas-thermal dispersing. <i>Yu.S.Korobov, V.I.Shumyakov, A.S.Pryadko</i>	20
• Estimation of internal defects in butt welded joints of vessels. <i>V.M.Dolinskiy, V.N.Stogniy, V.I.Cheremskaya</i>	27
• 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>	30
• Powder wire for cladding of details from manganous steels. <i>P.A.Kosenko, N.A.Solovey, L.I.Chepurko, Yu.N.Kovalenko</i>	32
• Production of electrodes in PJSC «PlasmaTek». <i>V.P.Slobodyanyuk, N.V.Skorina</i>	34
Our consultations	38
The foreign colleagues	40
Training of personnel	
• The International congress «Advances in Welding Science and Technology for Construction, Energy and Transportation Systems AWST-2011». <i>E.P.Chvertko</i>	42
• The programs of professional training on 2012 of Training Center of E.O.Paton Electric Welding Institute.....	44
Exhibitions and conferences	
• Results of an exhibition «Weldex/Rossvarka 2011».....	46
• V International seminar of welding. <i>E.G.Krasnosel'skaya</i>	48
Pages of a history	
• Difficult way of easy metal in rocket building. Arc welding. Part 2. <i>A.N.Kornienko</i>	50

Свидетельство о регистрации №13094-1978 Пр от 27.08.07

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

ООО «Экотехнология»

Издание журнала поддерживаютОбщество сварщиков Украины,
Национальный технический
университет Украины «КПИ»Журнал издается
при содействии UNIDO**Главный редактор**

Б. В. Юрлов

Зам. главного редактораЕ. К. Доброхотова,
В. Г. Абрамишвили**Редакционная коллегия**В. В. Андреев, **В. Н. Бернадский**,
Ю. К. Бондаренко,
Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко,
А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко,
П. П. Проценко, И. А. Рябцев**Редакционный совет**В. Г. Фартушный (председатель),
Н. В. Высоколян, Н. М. Кононов,
П. А. Косенко, М. А. Лактионов,
Я. И. Микитин, Г. В. Павленко,
В. Н. Проскудин,
А. Д. Размышляев, А. В. Щербак**Редакция**

Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина

Маркетинг и реклама

Г. В. Абрамишвили

Верстка

Т. Д. Пашигорова

Адрес редакции

03150 Киев, ул. Горького, 66

Телефон

+380 44 528 3523, 200 5361

Тел./факс

+380 44 287 6502, 287 6602

E-mailwelder@welder.kiev.ua,
welder.kiev@gmail.com**URL**

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

Представительство в БеларусиМинск
Вячеслав Дмитриевич Сиваков
+375 17 213 1991, 246 4245**Представительство в России**Москва, ООО «Центр трансфера технологий» ИЭС им. Е. О. Патона
В. В. Сипко
+7 499 922 6986
e-mail: ctt94@mail.ru
www.welder.msk.ru**Представительство в Латвии**Рига, Ирина Бойко
+371 2 603 7158, 6 708 9701 (ф.)
e-mail: irinaboyko@inbox.lv**Представительство в Литве**Вильнюс, Вячеслав Арончик
+370 6 999 9844
e-mail: info@amatu.lt**Представительство в Болгарии**София, Стоян Томанов
+359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)
e-mail: evertood@mail.bg
ООД «Евэрт-КТМ»

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.

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

Подписано в печать 09.12.2011. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

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

Зак. № 1243 от 09.12.2011. Тираж 3000 экз.

Печать: ООО «Полиграфический центр «Принт 24», 2011. Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© ООО «Экотехнология», 2011

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.

Тенденції розвитку технологій зварювального виробництва



Г.І.Лашенко

Розглянуто такі сучасні способи зварювання, як лазерне й лазерно-дугове, електронно-променеве, зварювання тертям з перемішуванням. Наведено їхні переваги й недоліки, області промислового застосування.

Плазмове напылювання термобар'єрних покриттів на стінки реактора піролізу

С.В. Петров, Д.І. Рубець

Стаття присвячена плазмовому нанесенню захисного термобар'єрного покриття з підвищеним термічним опором на стінки реакторів піролізу й газифікації. Дослідження показує можливість застосування термобар'єрного покриття на основі діоксиду цирконію для захисту робочих поверхонь високотемпературних теплових агрегатів.

Застосування контактної зварювання для виготовлення об'єкта енергетичного машинобудування

Б.В. Федотов, В.В. Михайлов, В.В. Шаратов, М.С. Золотогоров, І.Н. Єгоров

Описано принципову технологію виготовлення теплообмінних елементів. Наведено результати досліджень при відпрацюванні режимів шовного й точкового контактної зварювання.

Раціональний підхід до відновлення деталей устаткування газотермічним напылюванням

Ю. С. Коробов, В. І. Шумяков, А. С. Прядко

Розглянуто відновлення й зміцнення широкого спектра деталей базових галузей промисловості. У результаті дослідження встановлені найбільш ефективні способи газотермічного напылювання — активована дугова металізація й надзвукове газозвдуване напылювання.

Оцінка внутрішніх дефектів у стикових зварних з'єднаннях посудин

В.М. Долинський, В.Н. Стогній, В.І. Черемська

Дано оцінку працездатності встаткування хімічних виробництв при діагностуванні на основі методики, розробленої в УкрНДІХіммаш. На прикладі результатів періодичного контролю десяти об'єктів промислового встаткування підтверджено доцільність застосування прийнятої методики.

Установки УД681 і УД683 для автоматичного дугового наплавлення кругових ущільнювальних поверхонь в отворах трубопровідної арматури

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

Описано установки УД681 і УД683 для автоматичного дугового наплавлення кругових ущільнювальних поверхонь в отворах трубопровідної арматури. Установки універсальні й можуть бути використані для наплавлення як внутрішніх, так і зовнішніх кільцевих поверхонь різного профілю.

Порошковий дріт для наплавлення деталей з марганцевистих сталей

П.О. Косенко, Н.А. Соловей, Л.І. Чепурко, Ю.М. Коваленко

Описано порошковий дріт для наплавлення деталей з марганцевистих сталей. Дріт використовується при ремонті деталей, що включає відновлення первинної форми деталі, заварку тріщин або інших дефектів, наплавлення поверхневих шарів.

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

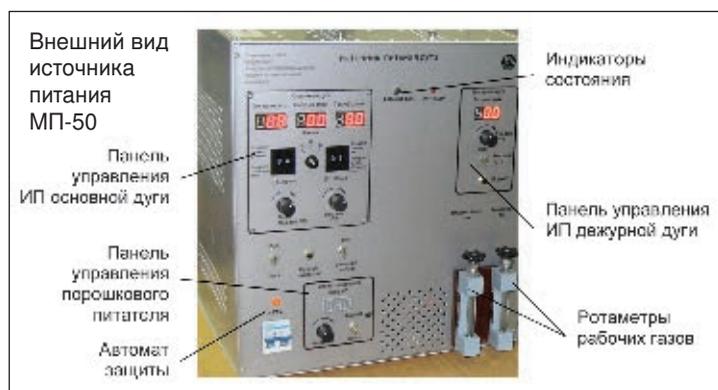
Источник питания МП-50 (рисунок) предназначен для ручной и механизированной микроплазменной сварки углеродистых, высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов малых толщин (от 0,3 до 1,5 мм). Может быть использован в качестве основного или вспомогательного плазменного источника энергии в составе 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 широтно-импульсных инверторных преобразователях постоянного тока понижающего типа с системой управления;



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

- 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 IEC 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. ● #1187

Институт электросварки им. Е. О. Патона
НАН Украины

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.



● #1188

ООО «Мелитэк-Украина» (Киев)

Бесшовная автомобильная сварка

Немецкие инженеры из Института Фраунгофера 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.).

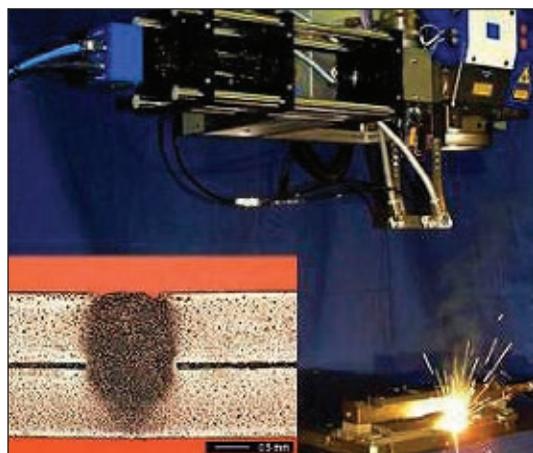
Новая система позволяет измерять, насколько глубоко лазерный луч проник в металл. Суть изобретения проста: если луч плавит металл, камера регистрирует большой выброс теплоты, но как только луч попадает в воздушный зазор между двумя листами металла, происходит резкое падение уровня теплового излучения. 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.

● #1189

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 технологических обработок, 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 CO₂-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 эффективными.

CO₂-лазеры используют для сварки, резки и поверхностной обработки.

К недостаткам CO₂-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 ₂ -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 ²	1·10 ⁶ –1·10 ⁸	1·10 ⁵ –1·10 ⁷	1·10 ⁶ –1·10 ⁹	1·10 ³ –1·10 ⁵
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 CO₂-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 ₂ -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, исключающей 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 определяющей степени способствовало создание в 1980-х годах мощных CO₂-лазеров, отличающихся повышенной надежностью. Одним из основных потребителей CO₂-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 сварки 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;

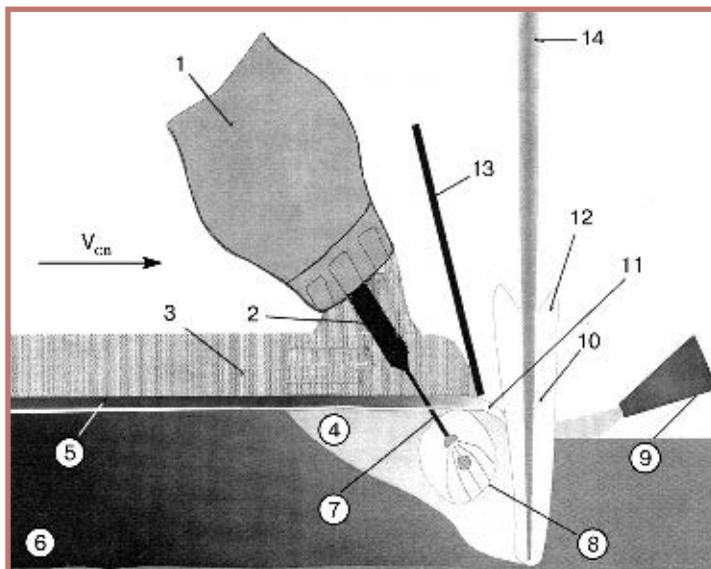


Рис. 5. Схема гибридной лазерно-дуговой сварки под флюсом (LUPuS): 1 — бункер для флюса; 2 — контактный мундштук; 3 — флюс; 4 — ванна жидкого металла; 5 — шлаковая корка; 6 — металл сварного шва; 7 — сварочная проволока; 8 — зона горения дуги; 9 — сопло подачи гелия; 10 — парогазовый канал; 11 — расплавленный 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^3), 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 заготовку, а уступ коснулся их поверхности. После полного погружения наконечника на всю толщину свариваемого металла в результате трения наконечника и выступа о заготовку 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-

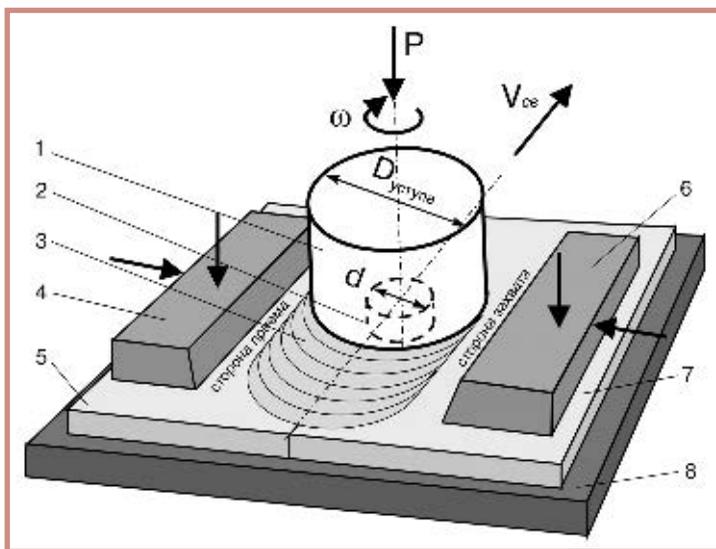


Рис. 6. Схема выполнения СТП: 1 — сварочный инструмент; 2 — наконечник сварочного инструмента; 3 — сварной шов; 4, 6 — прижимные планки; 5, 7 — свариваемые заготовки; 8 — технологическая подкладка (ω — скорость вращения сварочного инструмента; $V_{св}$ — скорость сварки; $D_{уст}$ — диаметр опорной поверхности 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 подвижную 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-фрезероального 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 фрезероальные 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.

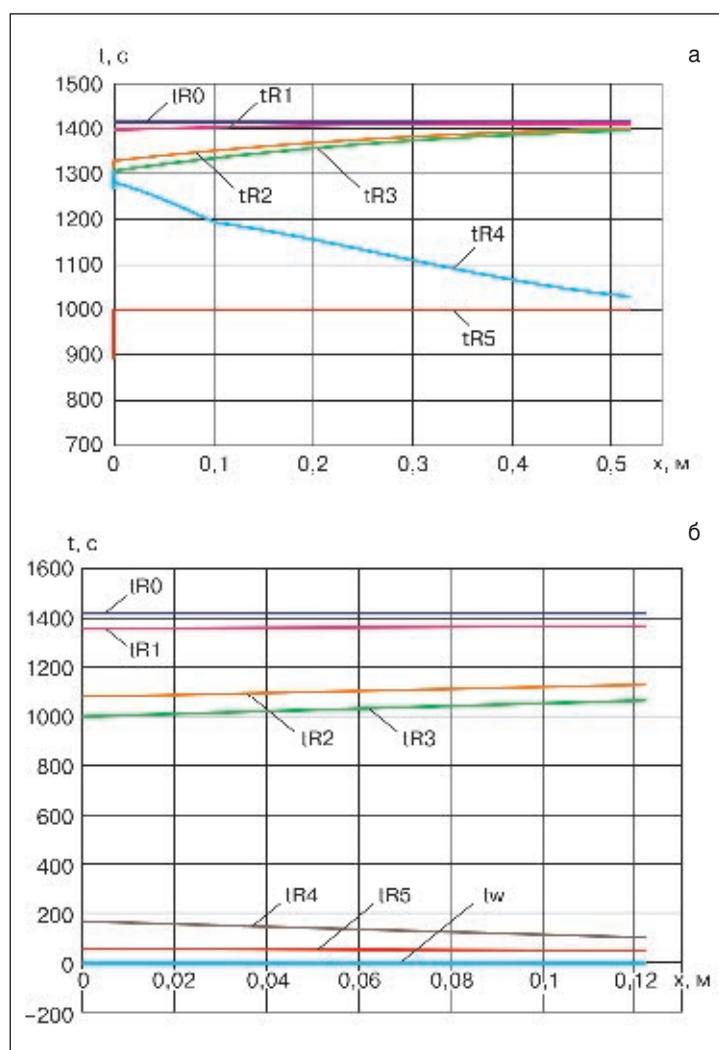
Благодаря использованию СТП решаются задачи кардинального повышения качества сварных конструкций, производительности и улучшения условий труда.

● #1190

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°C;
- низкая теплопроводность (не более 2 Вт/(м·К));
- высокий коэффициент термического расширения (более $9 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$);
- 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

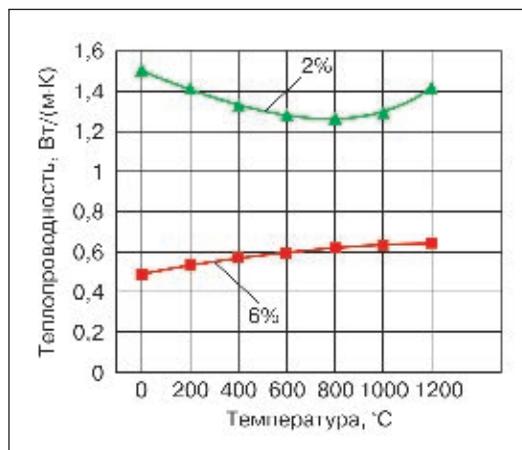


Рис. 4. Зависимость теплопроводности $ZrO_2 + 8\%wt CaO$ от температуры

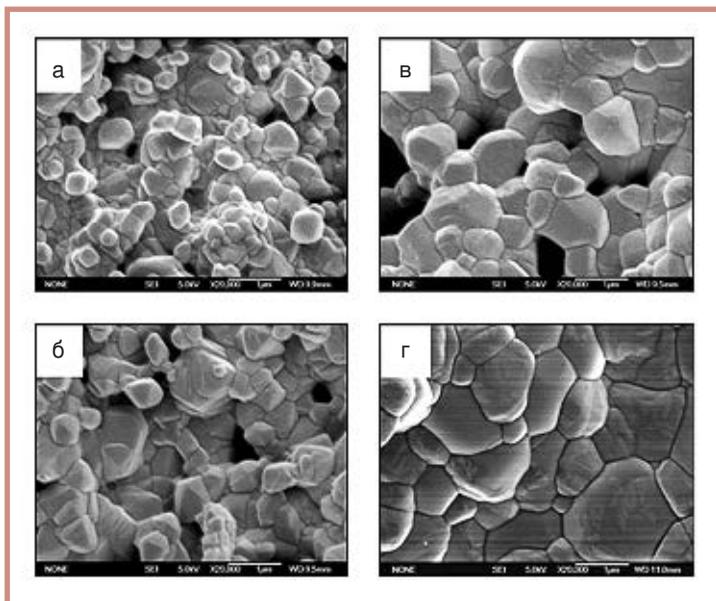


Рис. 5. Эволюция морфологии поверхности при термообработке в течение 100 ч при температуре: а — 1200, б — 1300, в — 1400, г — 1500 °С

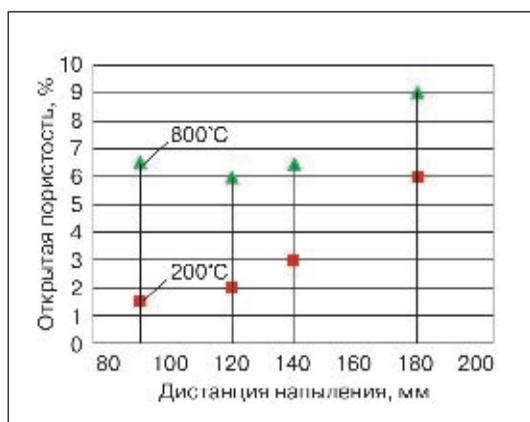


Рис. 6. Зависимость пористости покрытия от параметров напыления

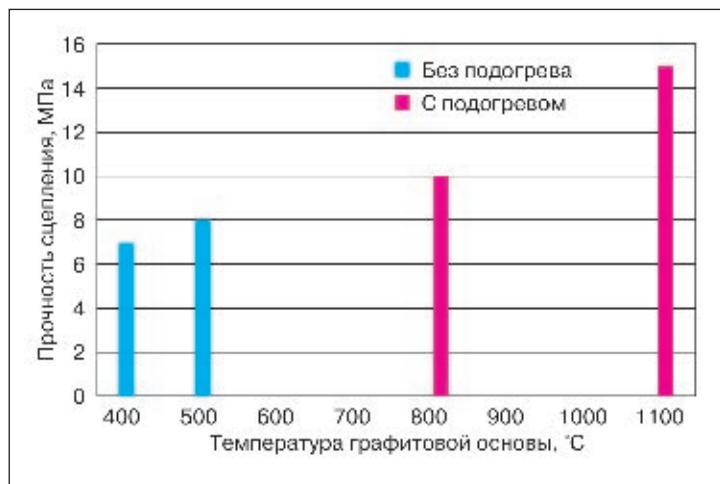


Рис. 7. Прочность сцепления покрытия с графитовой основой

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 порами размером до 200 мкм. Многие из них открытые, что обеспечивает газопроницаемость покрытия. Поры располагаются между ладелями 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. Большее 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°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°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°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°C) температура плавления и фазовая стабильность до температуры 1400°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°C (рис. 9, б), выдерживает длительный режим (100 ч) при температуре 1600°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-

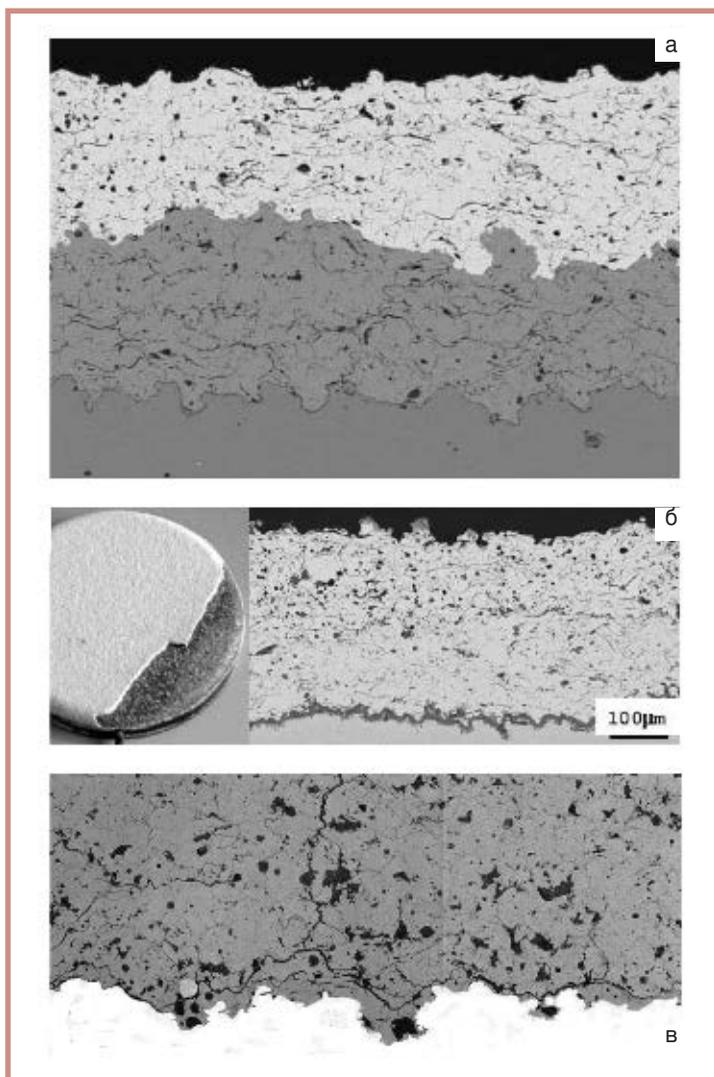
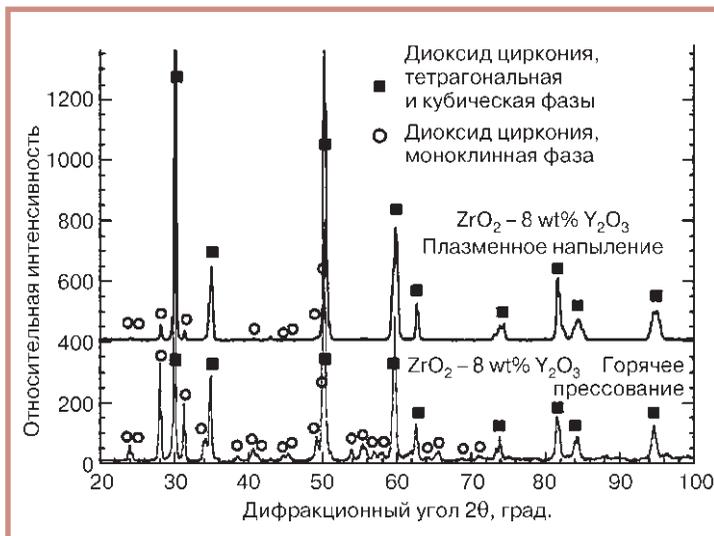


Рис. 9. Исходное покрытие (а), отслоение покрытия при термоциклировании (б), микротрещины в результате перегрева покрытия (в)

щиты рабочих поверхностей высокотемпературных тепловых агрегатов. ● #1191

Высокая производительность сварки с цифровыми сварочными системами Fronius

Компания J&K Industriemechanik из Нижней Саксонии (Германия) является крупным предприятием по производству специального оборудования и металлоконструкций для машиностроения и судостроения. Специалисты J&K располагают солидным набором ноу-хау в различных производственных областях, в частности в области сварочных технологий. Управляющий компанией Герхард Кремер считает одним из факторов успеха предприятия современное цифровое сварочное оборудование. Основываясь на длительном и успешном опыте совместной работы, он делает ставку на системы Fronius.

Массивные и крупногабаритные сварные конструкции из стали и алюминия производства компании J&K Industriemechanik предназначены для использования в местах, подверженных влиянию различных атмосферных явлений. Основные элементы данных конструкций представляют собой металлические листы толщиной до 250 мм и длиной до 20 м. Особые условия эксплуатации, например на море, диктуют высокие требования относительно качества

сварных соединений и допустимых остаточных деформаций.

Характерные количественные показатели иллюстрирует объем производства компании: ежегодно производится примерно 2000 т стальных и 100 т алюминиевых конструкций, а также расходуется свыше 50 т сварочной проволоки.

Парк оборудования предприятия J&K включает в себя ряд сварочных аппаратов компании Fronius: одиннадцать TransSynergic 4000, два TransSynergic 5000 и семь TransPuls Synergic 5000. Все они используются для полуавтоматической сварки MIG/MAG металлических заготовок толщиной до 250 мм.

Полностью цифровые, управляемые микропроцессором источники питания серии TransSynergic и TransPuls Synergic обеспечивают уникальную в своем роде точность сварочного процесса, 100% воспроизводимость результатов и оптимальные сварочные характеристики. Цифровые инвертор-



Рис. 1. Применение сварочных аппаратов Fronius большой мощности для работы с массивными конструкциями позволяет компании J&K выполнять специальные заказы для судостроения и гидротехнического строительства и других отраслей промышленности



Рис. 2. Сварка на каркасе судна. Предприятие J&K делает ставку исключительно на сварочные системы Fronius

ные источники в сочетании со всеми периферийными компонентами образуют в высшей степени новаторские и «умные» сварочные системы, отлично согласованные друг с другом.

При постоянной работе на максимальных значениях силы тока важными и наглядными являются показатели затрат электроэнергии. Для сравнения: инверторный источник питания TransPuls Synergic 5000 в режиме холостого хода потребляет примерно 100 Вт, в то время как традиционный инвертор — 2000 Вт. Другое значительное преимущество цифрового оборудования — его универсальность и гибкость, т.е. возможность адаптации оборудования под конкретную производственную задачу и, непосредственно, автоматизация процесса сварки. Следовательно, можно без существенных дополнительных затрат оптимизировать производственные процессы и обеспечить высокую производительность и качество сварки.

Уникальные технологии производства и бескомпромиссно высокое качество продукции позволяют предприятию J&K Industriemechanik уверенно занимать лидирующие позиции на рынке. И не в последнюю очередь это становится возможным благодаря использованию высокоэффективного и экономичного цифрового сварочного оборудования.

Вот как управляющий компанией Герхард Кремер объясняет это: «Мы работаем без остановок, поэтому для нас крайне важны такие показатели, как производитель-

ность и надежность оборудования, а также качественный сервис, т.е. это те причины, по которым компания Fronius является нашим постоянным партнером».

Fronius International — австрийское предприятие, головной офис которого расположен в Петтенбахе, имеет также отделения в Вельсе, Тальхайме и Заттледте. Предприятие специализируется на системах для зарядки батарей, сварочном оборудовании и солнечной электронике. Всего штат компании насчитывает 3250 сотрудников. В отделе опытно-конструкторских разработок заняты 392 сотрудника. Доля экспорта составляет 95%, и такой высокий показатель обеспечивает деятельность 17 дочерних компаний, а также международных партнеров по сбыту и представителей Fronius более чем в 60 странах. В 2010 г. общий оборот компании составил 499 млн. евро. Благодаря первоклассным товарам и услугам, а также 737 действующим патентам Fronius является лидером в области технологий на мировом рынке.

● #1192

Публикуется на правах рекламы.

Fronius

РАСШИРЯЯ ГРАНИЦЫ

ООО «Фрониус Украина»

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

тел. +38 0 44 277 21 41

sales.ukraine@fronius.com

факс +38 0 44 277 21 44

www.fronius.ua

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*.

● #1193

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).



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

Рациональный подход к восстановлению деталей оборудования газотермическим напылением

Ю. С. Коробов, Уральский Федеральный Университет, В. И. Шумяков, Уральский институт сварки (Екатеринбург), А. С. Прядко, Объединенный институт машиностроения (Минск)

Газотермическое напыление (ГТН) покрытий позволяет повысить ресурс машин в 2–8 раз. Обобщение данных анализа, выполненного в Германии, Китае, США, Франции, Южной Кореи, Японии, показало, что годовой объем мирового рынка ГТН ежегодно растет на 8–9%, в 2008 г. он составил \$4 млрд.

Авторами был проведен анализ целесообразности выбора различных способов ГТН для получения покрытий на деталях машиностроительного производства. Источниками информации были данные фирм-изготовителей, приведенные на сайтах, опубликованные в журналах, сборниках конференций. В качестве распыляемых материалов авторы выбрали карбиды, металлы, образующие термобарьерные, износо- и коррозионностойкие покрытия, которые во многих случаях успешно противостоят разным видам изнашивания, воздействию химически активных сред и тепловых нагрузок. Не рассматриваются оксиды алюминия, хрома, циркония и др., которые успешно распыляются плазмой и применя-

ются специализированно. В качестве критериев выбора были приняты производительность, относительные затраты и качество получаемых покрытий.

По производительности предпочтительны способы дуговой металлизации (ДМ) и сверхзвукового газозвукового напыления, по относительной стоимости ДМ-напыление в 3–10 раз дешевле напыления другими способами ГТН (рис. 1, 2). Это обусловлено высокой тепловой эффективностью способа, производительностью, низкой стоимостью напыляемых материалов и простотой обслуживания.

По критериям производительности и стоимости для дальнейшего рассмотрения были выбраны ДМ и газопламенные высокоскоростные способы нанесения покрытий. Исключенные из рассмотрения способы обеспечивают высокое качество, однако для многих важных случаев ограничение по производительности критично и не позволяет применять их.

Способ дуговой металлизации первым из ГТН был применен в широких промышленных масштабах еще в начале XX века. Он отличается простотой реализации, высокой производительностью и низкими удельными затратами.

Доля применения дуговой металлизации в общем объеме ГТН составляет 20–25%. Этот способ эффективен для защиты от атмосферной и высокотемпературной коррозии (металлоконструкции, элементы тепловых станций), от различных видов изнашивания деталей машин, а также для получения биметаллических изделий. Анализ показал, что доля дуговой металлизации может быть увеличена в 1,5–2 раза. Однако качество (пористость, степень окисления) и коэффициент использования материала покрытий (КИМ), полученных типовой дуговой металлизацией недостаточны, чтобы обеспечить стабильную работоспособность деталей. Это препятствует расширению использования этого простого и дешевого способа нанесения покрытий.

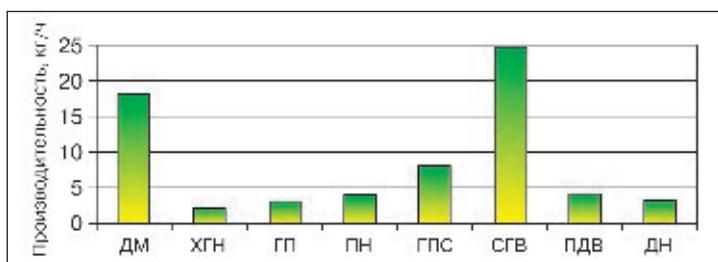


Рис. 1. Производительность различных способов газотермического напыления: ДМ — дуговая металлизация; ХГН — холодное газодинамическое; ГП — газопламенное; ПН, ПДВ — плазменные способы (типичное, в динамическом вакууме); ГПС — газопламенное сверхзвуковое; СГВ — сверхзвуковое газозвуковое; ДН — детонационное

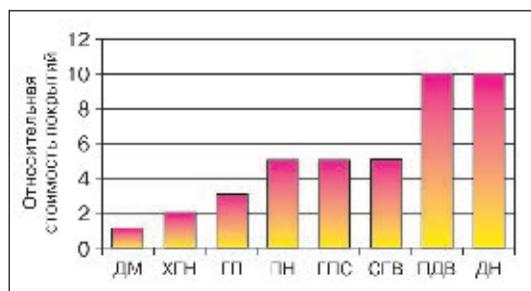


Рис. 2. Относительная стоимость напыления различными способами

На основе моделирования процесса ДМ разработаны и внедрены в производство оборудование и технологии активированной дуговой металлизации (АДМ). К отличительным особенностям АДМ относится совместное использование продуктов сгорания восстановительных смесей в качестве транспортирующего газа, определенного взаимного расположения сопел и электродов, целенаправленного воздействия на зону горения дуги (рис. 3).

В АДМ-аппаратах угол распыления уменьшен до 10° , коэффициент использования материала достигает 85%, скорость частиц 140–500 м/с, степень окисления стального покрытия 2,1–2,9%, пористость 2%. В среднем уровень параметров на 40% выше по сравнению как с отечественными, так и с зарубежными ДМ-установками (рис. 4). При этом производительность и тепловая эффективность процесса остались на уровне ДМ. Результаты промышленных испытаний показали, что для большой группы покрытий качество металлических износостойких и антикоррозионных АДМ-покрытий того же уровня, что и качество плазменных. Как показал опыт, затраты на организацию участка для восстановления деталей способом активированной дуговой металлизации в среднем окупаются в течение полугода.

Активированная дуговая металлизация позволяет наносить покрытия из стали, бронзы, цинка, алюминия, никрома производительностью до 18 кг/ч. Для нанесения износостойких покрытий металлизацией специально была разработана экономнолегированная порошковая проволока системы легирования Fe-C-Cr-Ti-Al, марки ППМ-6 ряда модификаций. Микротвердость покрытия составляет 500–700 HV₁₀₀, это обеспечивает его износостойкость при абразивном изнашивании в 1,5–2 раза выше, чем при использовании сплошной проволоки 20X13. При этом адгезионная прочность по методике «на срез» выше, чем у никрома на 10–15%, и в 3 раза выше по сравнению с проволокой 08Г2С.

Способ АДМ по сравнению с другими способами газотермического напыления (плазменное, ГПС/СГВ) сочетает высокую производительность (в 2–5 раз выше), низкие удельные затраты (в 4–10 раз ниже), а также аналогичное качество покрытий по защите от изнашивания и атмосферной коррозии. Это делает его предпочтительным при нанесении защитных покрытий на широкий круг деталей. Успешно восстанавли-



Рис. 3. Напыление стали АДМ-аппаратом



ваются шейки валов под подшипники скольжения, качения, подшипниковые гнезда, плунжеры гидроцилиндров, наносятся антикоррозионные покрытия из Al, Zn, коррозионностойких и жаропрочных сталей, изготавливаются биметаллические детали «сталь-бронза», «сталь-баббит» (рис. 5).

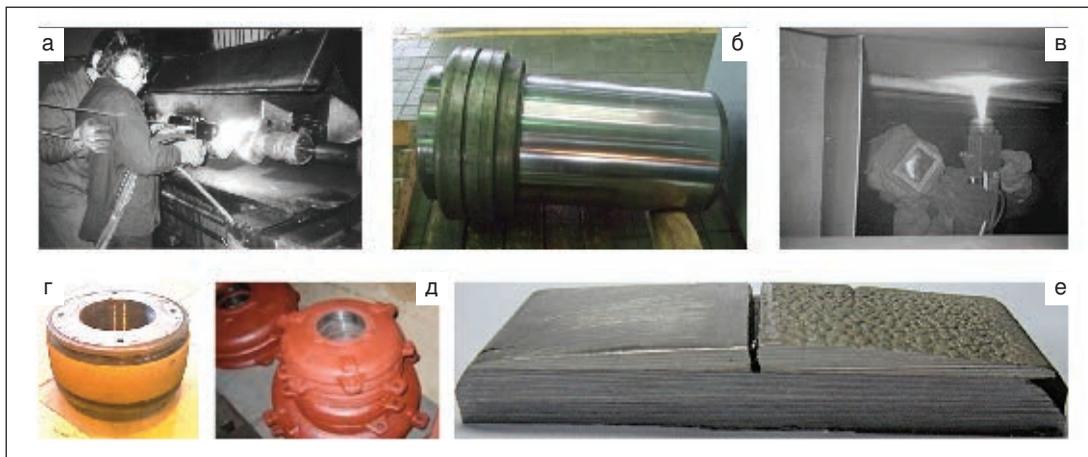
В последнее десятилетие быстро развиваются газопламенные высокоскоростные способы нанесения порошковых покрытий, объединенные терминами HVOF/HVAF (High Velocity Oxy/Air-Fuel), русский аналог которых — ГПС/СГВ (газопламенное сверхзвуковое / сверхзвуковое газозвдуемое). Качество ГПС/СГВ-покрытий, исключая оксиды, аналогично качеству покрытий, нанесенных детонационным, плазменным, холодным газодинамическим способами. Для ГПС/СГВ характерно, что температура частиц распыляемого материала близка к точке плавления основных металлов, а их скорости выше по сравнению с теми же показателями других способов (рис. 6). Это позволяет снизить насыщение распыляемых частиц газами атмосферы при обеспечении высокого импульсного давления при ударе частиц о поверхность основы. В результате структура покрытия сочетает низкие пористость и степень окисления с высокой адгезионной прочностью 80–150 МПа.

ГПС/СГВ-покрытия эффективны для защиты различных деталей и элементов машин:

- Шибберные вентили и шаровые краны в нефте- и газопереработке подвержены интенсивному изнашиванию при температуре более 600°C . Эрозионная стойкость ГПС-покрытий в 1,5–2 раза выше, чем у аналогичных детонационных.

Рис. 4. Сравнение параметров способов дуговой и активированной дуговой металлизации

Рис. 5. Характерные примеры АДМ-напыления: а — коленчатый вал; б — шток-поршень гидроцилиндра прессы, длина 1090 мм, диаметр 657 мм; в — резервуар очистного сооружения; г — поршень гидроцилиндра, диаметр 280 мм, давление 30 МПа; д — подшипниковые щиты электродвигателей, диаметр 250–1200 мм; е — баббитовое покрытие толщиной 5 мм, припуск на обработку 0,5 мм



- В энергетике и авиакосмической промышленности применяются для повышения ресурса лопаток паровых и газовых турбин, при ремонте элементов теплообменников тепловых станций.
- Заменяют электролитический хром (шасси самолетов, полиграфическое оборудование). При этом чистота обработки аналогична, износостойкость повышена, снижены затраты на обеспечение экологичности производства.
- В металлургии применяются для защиты от воздействия контактных нагрузок, агрессивных сред и высоких температур. За рубежом сейчас используют несколько сотен ГПС/СГВ-установок. Серийно выпускается более десятка ГПС/СГВ-систем, на российском рынке они представлены фирмами Sabaros, ТЗСП, Уральский институт сварки.

Анализ опубликованных материалов производителей показал наличие нескольких видов оборудования, отличающегося используемыми газами, способами охлаждения, подачей порошка и производительностью. В ГПС-установках в качестве окислителя используется кислород. Базовые ГПС-модели — это JP-5000/8000 (Tafa-Praxair, США), DJ 2600/2700 (Sulzer Metco, США), CJS (Thermico, Германия). Есть оборудование и других производителей, которое аналогично по схемам исполнения,

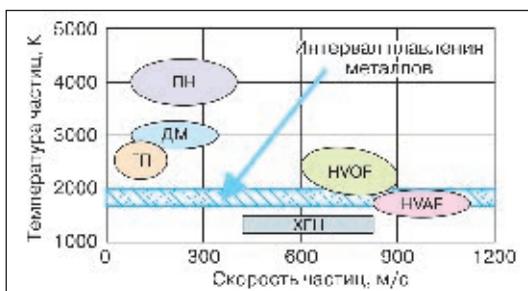
однако с патентованными конструктивными отличиями. Так, аналогами JP-8000 являются установки WokaStar (Sulzer Metco, США) и K2 (GTV, Германия). В WokaStar улучшена конструкция камеры сгорания и распылителя. Установка K2 отличается системой впрыска керосина. Значительных отличий в параметрах аналогов от базовых моделей не отмечено. В СГВ-установках в качестве окислителя используется сжатый воздух. Крупнейший поставщик — Unique-Coat Technologies, США, модели Intelli-Jet SB 9300/9500 после обновления выпускают под марками M2 Spray Gun / M3 Supersonic Spray Gun (далее M2 / M3).

Несмотря на высокие параметры покрытий, не рассматривается установка CJS, в камере сгорания которой давление составляет 2,5 МПа. Применительно к планируемому производству это требует чрезмерных затрат на обеспечение безопасности.

В JP-8000 по сравнению с JP-5000 улучшена система управления. В M3 внесены конструктивные изменения, по сравнению с Intelli-Jet, позволившие улучшить выходные параметры. Все установки стабильны в работе, оснащены блоками дистанционного компьютеризованного управления и соответствуют требованиям электро- и пожаробезопасности. Они отличаются видами применяемых газов, а также схемами их подачи.

В установках JP-5000/8000 и Diamond Jet Hybrid (DJ2600/2700) в камеру сгорания подают кислород и горючий газ. Отличия — в конструкции системы подачи порошка, схеме смешения газов и виде горючего газа. Для JP-5000 это керосин, для DJ — пропан, пропилен, этилен (DJ2700) или водород (DJ2600). В этих системах предусмотрено водяное охлаждение, а в DJ-установках теплонагруженные узлы дополнительно охлаждаются воздухом. Интенсив-

Рис. 6. Сравнительная характеристика способов газотермического напыления: ГП — газопламенное, ДМ — дуговая металлизация, ПН — плазменное, ХГП — холодное газодинамическое



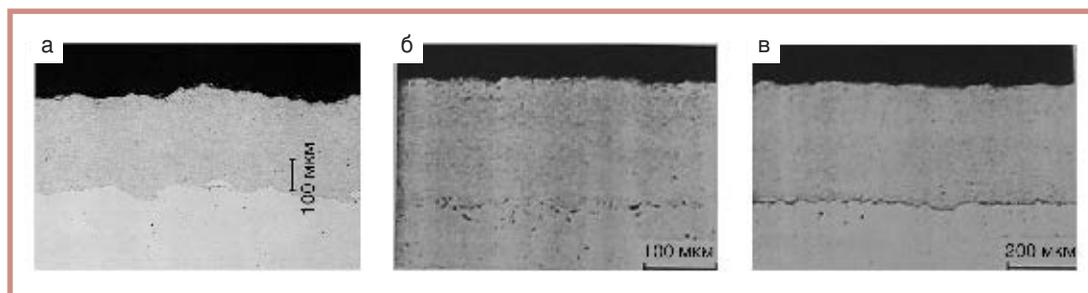


Рис. 7. Микроструктура покрытий, выполненных порошком WC-17Co на различном оборудовании: а — Intelli-Jet; б — DJ2700; в — JP-5000 (данные производителей)

ная теплоотдача стенкам сопла и ствола при водяном охлаждении обуславливает высокие энергетические потери струи продуктов сгорания. Это вынуждает снижать производительность для поддержания качества.

Intelli-Jet, M2 / M3 отличаются использованием воздуха в качестве как окислителя, так и охлаждающей среды. Горючие газы — пропан, пропилен. Для повышения эффективности камера сгорания оснащена каталитическим элементом, а распыляющая струя дополнительно подогревается в каскадном сопле.

Наиболее технологичны установки Intelli-Jet, M2 / M3 (таблица). Они не требуют использования кислорода в качестве окислителя, водяного охлаждения.

Анализ микроструктур позволяет сделать заключение об одинаковом уровне качества покрытий, полученных на различном оборудовании (рис. 7).

Указанное оборудование обеспечивает показатели качества покрытий примерно одинакового уровня: пористость менее 0,2%, адгезионная прочность более 70 МПа, содержание кислорода в покрытии менее 1%.

Далее сравнение параметров установок Intelli-Jet (IJ), JP-5000/8000 (JP), DJ 2600/2700 (DJ), M3 (M3) было выполнено при распылении порошка WC-10Co-4Cr, фракции (-45+10) мкм (рис. 8).

Установка M3 на рабочей дистанции обеспечивает максимальные скорости частиц (в 1,3–1,5 раза выше) при их минимальном нагреве (рис. 8, а, б). При этом максимальные температуры частиц на 100 градусов ниже точки плавления матрицы сплава кобальта. Такое соотношение кинетической и тепловой энергии частиц при ударе о подложку благоприятно для снижения термических напряжений в покрытии и окисления частиц. Установки IJ, M3 и DJ2700 обеспечивают наивысший коэффициент использования материала, однако производительность напыления IJ и M3 в 2–2,5 раза выше (рис. 8, в, г). Совместное влияние высоких коэффициента использования материала и

Таблица. Расход материалов за 1 ч работы

Материал		Intelli-Jet, M2 / M3	JP -5000	DJ2700
Кислород, м ³		—	60	18
Сжатый воздух, м ³		300	—	23
Топливо	Вид	Пропилен	Керосин	Пропилен
	Расход, кг	30	21	17
Азот, м ³		0,96	1,2	1,08
Вода для охлаждения, м ³		—	1	0,72

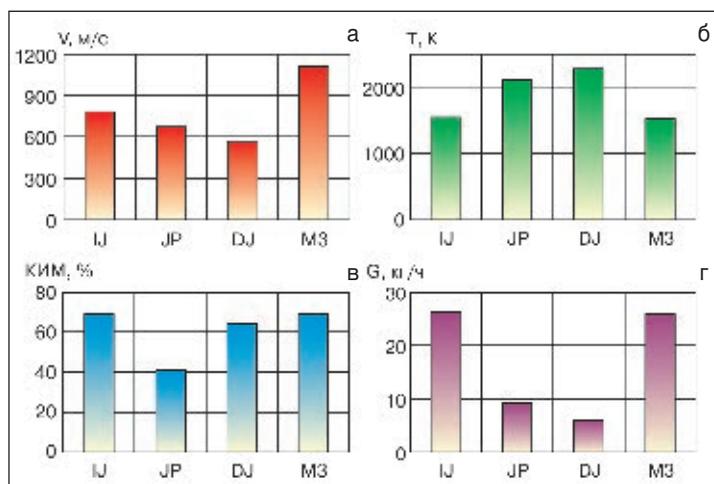


Рис. 8. Выходные параметры базовых ГПС/СГВ-установок (средние значения): а — скорость частиц; б — температура частиц; в — коэффициент использования материала; г — производительность

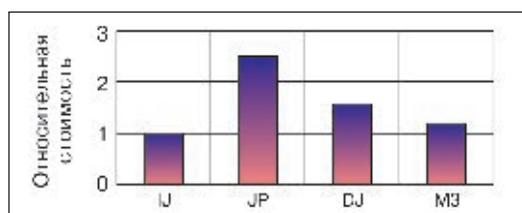


Рис. 9. Относительные затраты на выполнение ГПС/СГВ — процесса

производительности, а также соотношение затрат на расходные материалы обуславливает для IJ и M3 снижение относительной стоимости покрытий в 1,6–2,5 раза (рис. 9).

Пистолет M3 (рис. 10) обеспечивает скорость частиц 1000–1200 м/с. Это примерно вдвое выше, чем в предыдущих HVOF-моделях, таких как M2 и SB9500, и в базовых HVOF-моделях (JP-5000, DJ 2600/2700).

Высокая кинетическая энергия твердых частиц обеспечивает высокое контактное

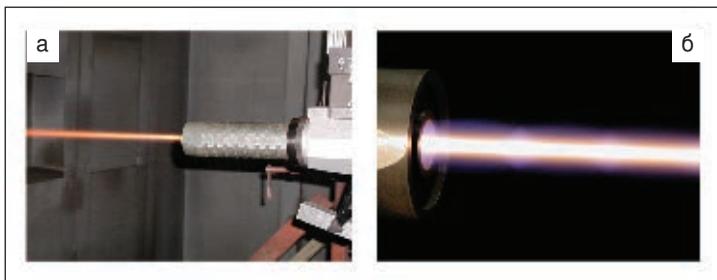


Рис. 10. Установка M3[®] Supersonic Spray Gun в работе (порошок WC-Co-Cr 86-10-4): а — общий вид; б — распыляемая струя в области сопла

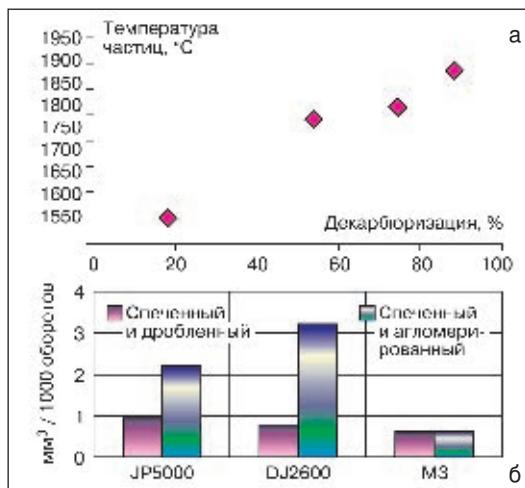


Рис. 11. Изменение доли декарбюризованных первичных карбидов WC в зависимости от температуры нагрева частиц (а) и сравнительный износ (б) HVOF и HVOF покрытий (порошок WC-10Co-4Cr, абразивное изнашивание по схеме «резинный диск — образец», ASTM G65, абразив корунд с размером частиц 360–500 мкм)

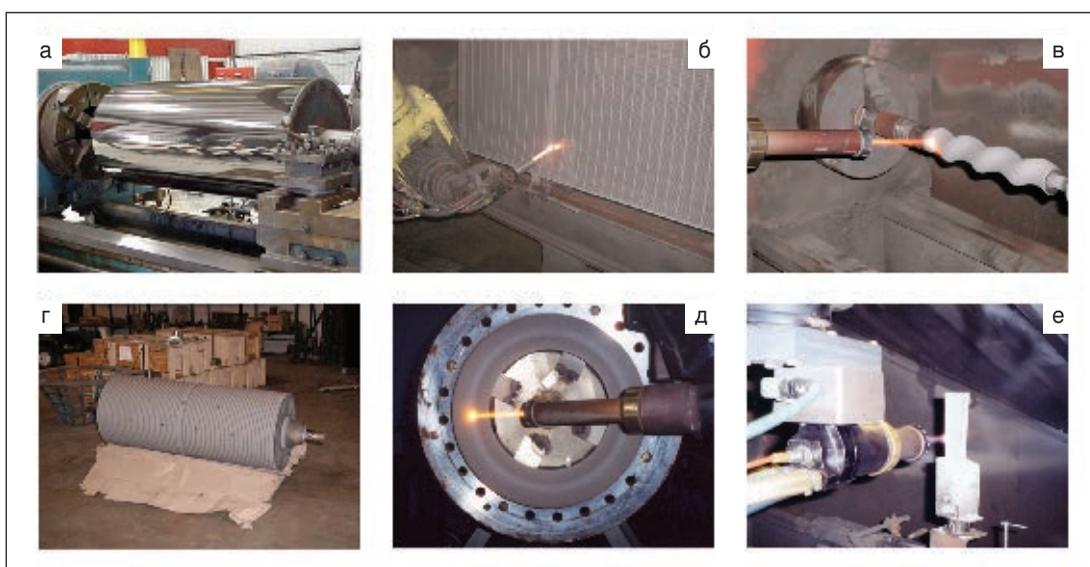


Рис. 12. Детали с HVOF-напылением: а — барабан для производства фотопленки «Кодак», покрытие отполировано до уровня оптического зеркала ($Ra=0,012$), заменен электролитический хром, увеличена стойкость к царапинам и ударам; б — сепарационный экран для подготовки угля на тепловой станции, снижение абразивного износа в 8 раз по сравнению с закаленным; в — ротор винтового насоса для перекачки абразивных растворов, повышение стойкости против гидроабразивного износа в четыре раза по сравнению с гальванохромом; г — погружной ролик линии гальванопокрытий (металлургия), рабочая среда — расплав цинка, алюминия; д — седло гидроклапана (транспортировка нефти), рабочая среда — абразив, коррозионные реагенты, T более 600°C , давление более 130 МПа; е — лопатка газовой турбины (авиация, энергетика), газовая коррозия, T более 1000°C

давление при ударе о подложку, что приводит к повышению адгезии к подложке и полойной когезии покрытия. В результате улучшаются физические и механические свойства напыленного покрытия. Например, твердость покрытия состава WC86-Co10-4Cr (агломерированный и спеченный порошок) превышает 1400 HV_{300} , что на 30% выше, чем твердость покрытий, полученных на предыдущих HVOF-моделях (M2 и SB9500). Электропроводность медного покрытия, напыленного пистолетом M3, превышает этот параметр, полученный при холодном напылении. Вследствие практически нулевой пористости и коррозионной стойкости M3-по-

крытия используют для замены гальванического хрома как более качественные.

Пониженная по сравнению с HVOF температура частиц обуславливает снижение декарбюризации первичных карбидов (WC) в керметах (рис. 11, а). Это приводит к повышению износостойкости HVOF-покрытий по сравнению с базовыми HVOF-моделями, где распыляемый порошок нагревается до более высоких температур (рис. 11, б). Высокие характеристики HVOF-покрытий позволяют успешно их использовать при жестком износе и агрессивном воздействии в энергетике, металлургии, авиации, нефтегазопереработке, полиграфии (рис. 12). ● #1194

<p>Спецэлектроды</p> 	<p>Полноразмерная сварочная проволока</p> 
 <div data-bbox="324 515 633 739" style="text-align: center;">  <p>Сварочные материалы ООО "Арксэ" Украина, г. Донецк, пр. Ватский, 25 тел./факс: +38 (062) 332 26 51; 389 94 58 info@arksa.com.ua www.arksa.com.ua</p> </div>	
 <p>Сварочная проволока сплошного сечения</p>	 <p>Порошковая проволока</p>

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



ELMA
EMITA

83058, Донецк, ул. Левобережная, 35
 (062) 345-15-62, (050) 326-95-71
 E-mail: emita-elma@ukr.net
 http://elma-emita.dn.ua

Установки многоточечной контактной сварки сетки

(строительной, шахтной затяжки и евроограждений)



Ширина сетки	от 600 до 3100 мм
Размер ячейки	25...200 мм
Диаметр проволоки	1,6...12 мм
Количество одновременно свариваемых точек	— до 82
Подача поперечного прутка	— поштучно из бункера
Отсутствие гибких электрических соединений между выводами трансформатора и электродами	
Равномерная загрузка трех фаз. Экономичность	





MIGATEH industries

УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТРУБ









КОЛОНИ ТА ЗВАРЮВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ



ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ЗБЕРІГАЮТЬ ЕНЕРГІЮ

тел. (044) 360-25-21 факс (044) 498-01-82

www.migateh.com.ua



ОАО «Электромашинно-строительный завод «Фирма СЭЛМА»

ОБОРУДОВАНИЕ для сварки и резки

- Трансформаторы и выпрямители для сварки электродами. Инверторы (ММА)
- Полуавтоматы для сварки в среде защитных газов (МИГ/МАГ).
- Установки для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (ТИГ).
- Установки воздушно-плазменной резки металла (УВПр).
- Машины для контактной точечной сварки (МТ).
- Оборудование для управления контактными сварочными машинами (РКС, КТ).
- Сварочные автоматы.
- Машины для механической подготовки кромок под сварку (МКС и МКФ).
- Манипуляторы сварочные.
- Тренажеры сварщиков.



- Все оборудование сертифицировано.
- Гарантийное и сервисное обслуживание.
- Пуско-наладочные работы.
- Разработка и поставка автоматизированных комплексов для сварки и наплавки.
- Обучение и консультации по эксплуатации оборудования.
- Широкая дилерская сеть по Украине.

95000, г. Симферополь, Украина, ул. Генерала Васильева, 32А
Тел: +38 (0 652) 66-85-37, 58-30-55, 58-30-50. Факс: 58-30-53
E-mail: sales@selma.crimea.ua www.selma.ua



WELDOTHERM

G.M.B.H. ESSEN

Оборудование для термической обработки из Эссена

Уже **10 лет** Ваш надежный партнер на рынке Украины

ООО «Велдотерм-Украина»

Филиал Weldotherm® GmbH Essen, Германия

Украина, 77311, Ивано-Франковская обл., г. Калуш-11, а/я 18
Т./ф. (03472) 6-03-30. E-mail: weldotherm@ukrpost.ua

www.weldotherm.if.ua



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

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



МАШИНЫ

для газокислородной и плазменной резки листового металла с ЧПУ

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

НПП «Техмаш»

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



Днепрометиз

Группа предприятий «Северсталь-метиз»

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

www.dneprometiz.com.ua

т/ф: (0562) 35-81-50, 35-83-69, 35-15-97
Украина, 49081, г. Днепропетровск, пр. газеты «Правда», 20

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

ФИБРА
стальная

СЕТКИ:
плетеные
рифленные

ГВОЗДИ

БОЛТЫ
ГАЙКИ



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 допустимую 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, $G = \sigma_n / [\sigma]$; σ_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).

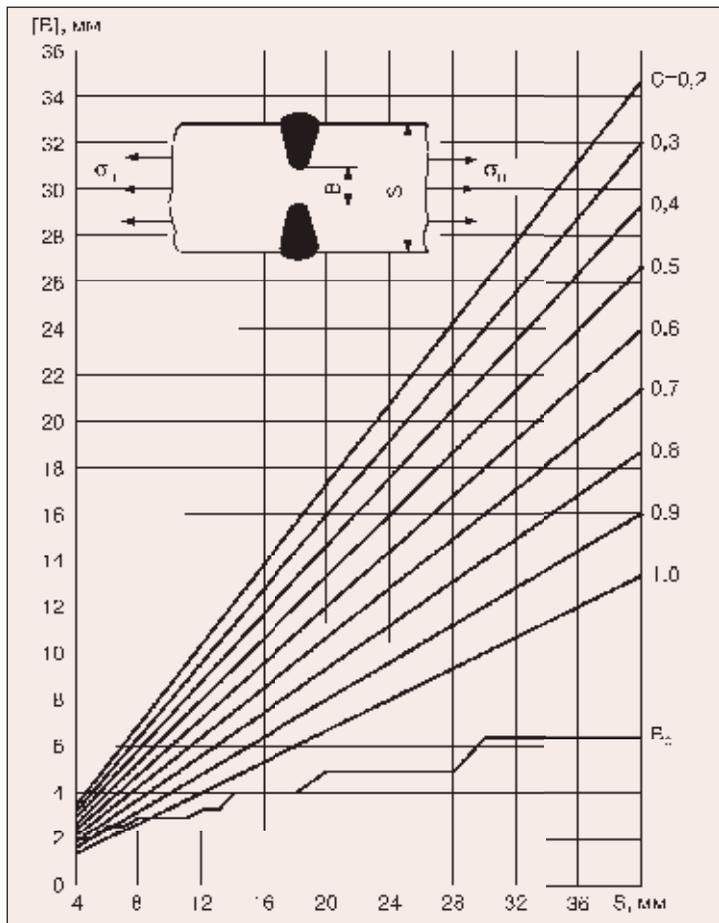


Рис. 1. Допускаемая высота дефекта при различной нагруженности конструкции: [B] — допускаемая высота дефекта по СОУ ОАО «УкрНИИхиммаш»-007:2010; B_0 — допустимое значение высоты дефекта по ГСТУ 3-037-2003

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 ГСТУ 3-037-2003.

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

В этом ГСТУ 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

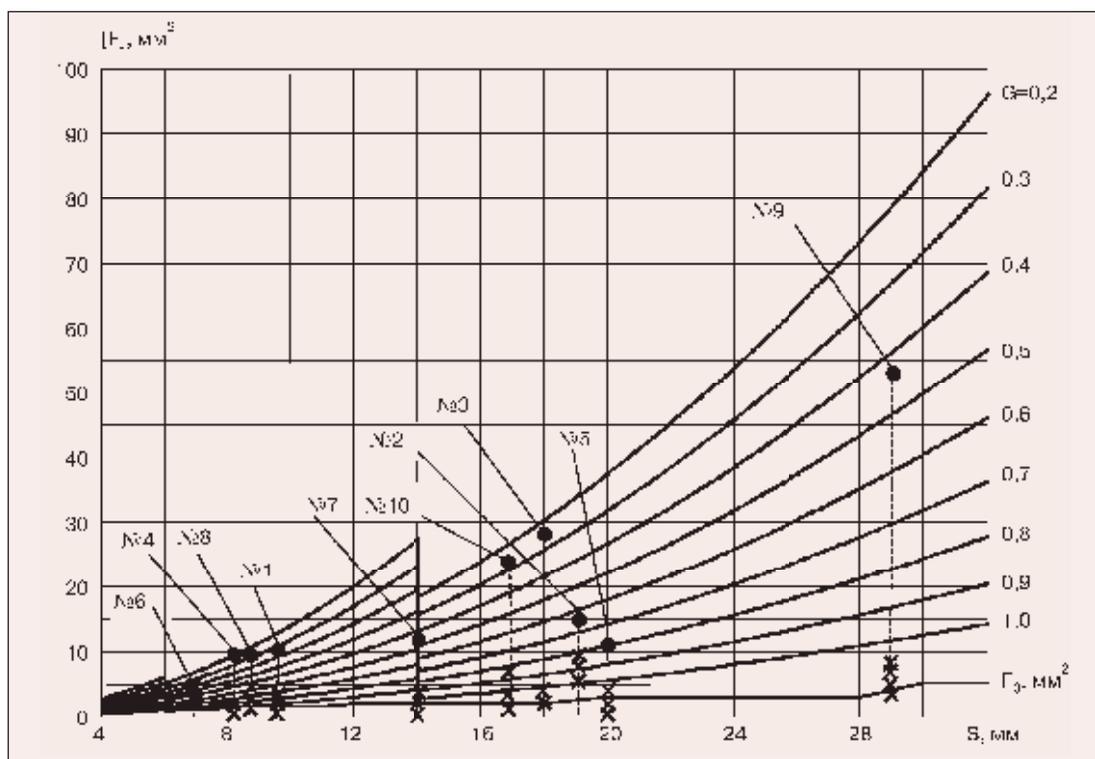


Рис. 2. Допускаемая площадь дефекта при различной нагруженности конструкции: [F] — допускаемая площадь дефекта; F_0 — предельная чувствительность. №1–10 — порядковый номер обследованного оборудования (см. таблицу): ● — значения, соответствующие допускаемой площади дефекта; × — точки, соответствующие 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 ²	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 ²	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 ²	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 ²	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 ²	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 ²	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 ²	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 ²	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 ²	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 ²	1,59		4,48		7,10	

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

Аналогичный результат наблюдается при сопоставлении предельной чувствительности с допускаемой 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 допускаемые 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. ● #1195

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

В.С. Романюк, А.В. Семененко, В.А. Ткаченко, А.К. Полищук, Т.Н. Пирумова,
ГП ОКТБ 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-

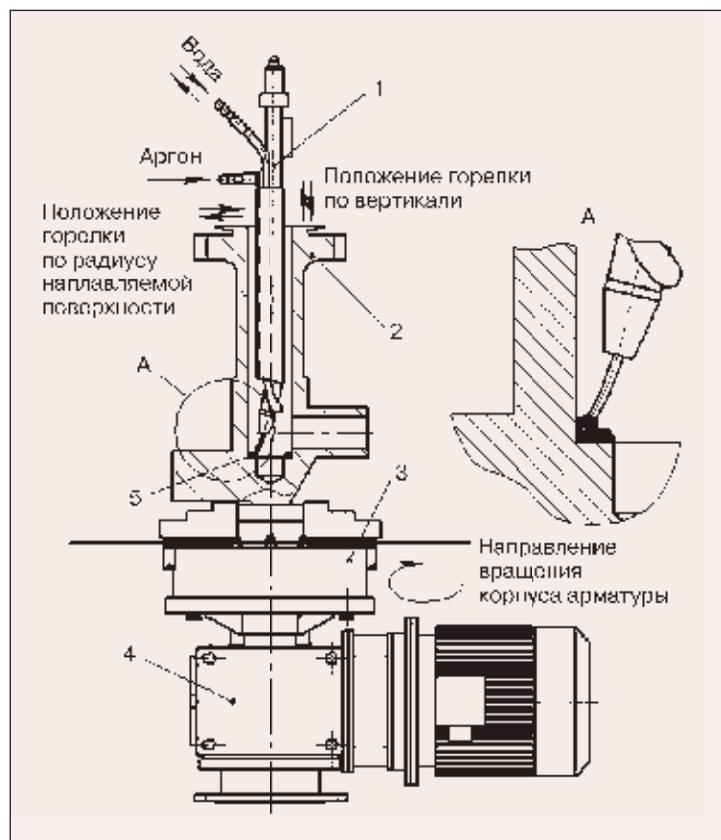


Рис. 1. Схема наплавки корпуса арматуры: 1 — мундштук; 2 — корпус арматуры; 3 — зажимное устройство; 4 — вращатель; 5 — наплавляемая поверхность



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). ● #1196

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. Механизованная 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);

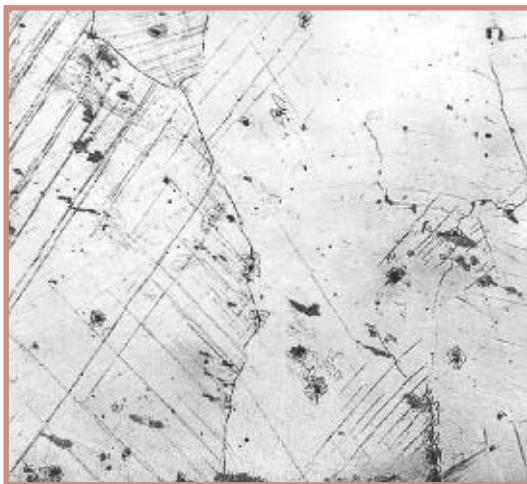


Рис. 1. Микроструктура основного металла для выполнения наплавки (сталь 110Г13Л)

- диаметр порошковой проволоки должен быть 1,6 мм (для минимального тепло-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.

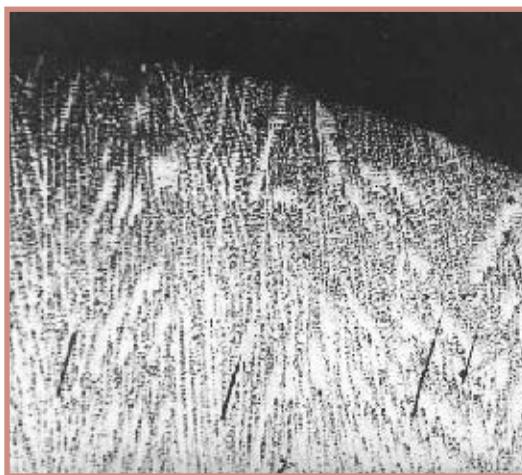


Рис. 2. Микротрещины в третьем слое наплавленного опытной порошковой проволокой металла

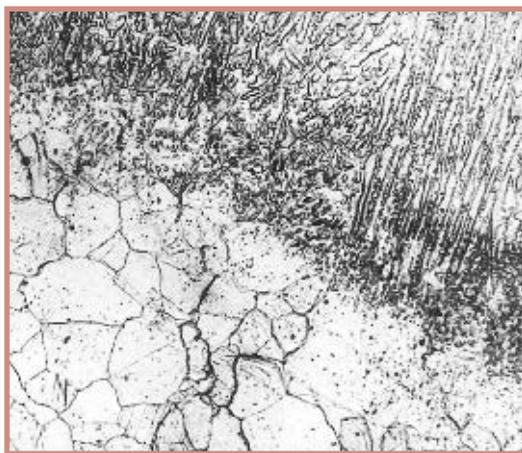


Рис. 3. Граница сплавления между основным металлом и первым слоем наплавленного металла

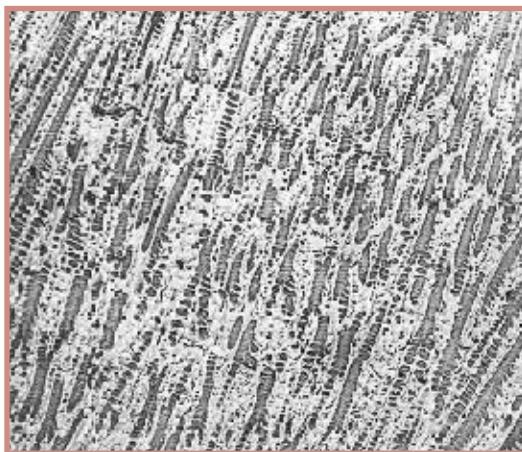


Рис. 4. Микроструктура третьего слоя наплавленного металла

После проведения испытаний в независимой организации разработанную на ОЗСМ самозащитную порошковую наплавочную проволоку положительно оценил и потенциальный заказчик. ● #1197

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 изготавливал 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 Frigetto; 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 рутил-целлюлозным 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 характеристикам 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 permanently 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 неперенным 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-

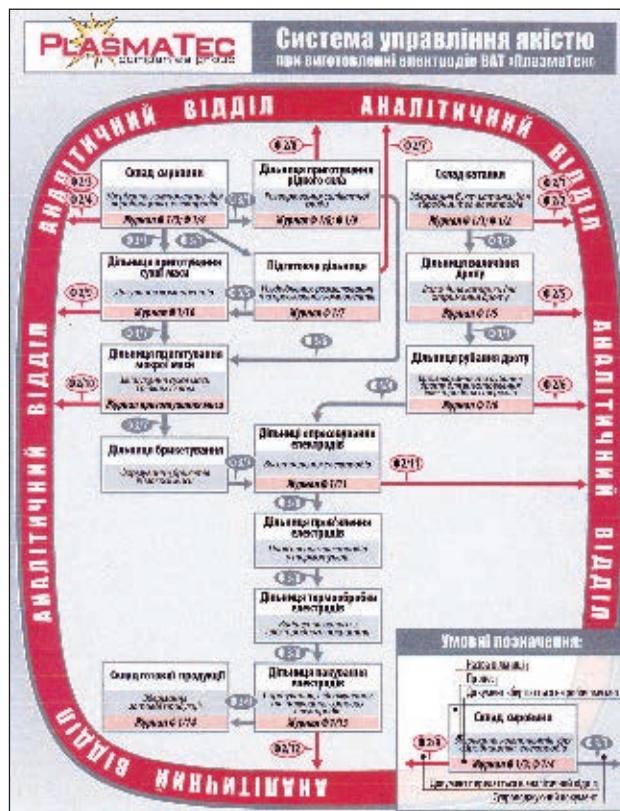


Рис. 4. Структура системы управления качеством по ДСТУ ISO 9001:2008

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 ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅	V ₂ O ₅	SO ₃	P ₂ O ₅
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
Satyanarayan 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

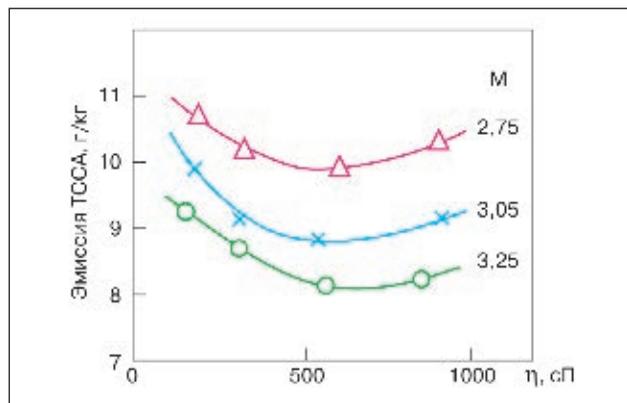


Рис. 5. Влияние модуля и вязкости жидкого стекла на выделение ТССА при сварке рутил-целлюлозными электродами

натриево-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 высокомодульных, 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 полевого 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, 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.

● #1198



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



ПАТОН ЭКСПО
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ ПАТОН ЭКСПО 2012



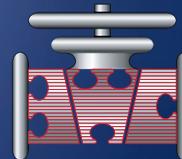
Киев

17–19 апреля 2012

ВЦ «КиевЭкспоПлаза»



Сварка.
Родственные
технологии



Трубопроводный
транспорт



Неразрушающий
контроль



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
компаний «Евроиндекс»

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



Kyiv Technical Trade Show
компания ТДС-Экспо:

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

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

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

Т./ф. +38 044 200-80-89

www.paton-expo.kiev.ua



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 температуропроводностью 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 BOC Gases (Великобритания) доктором Джеком Гебзидлом 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.

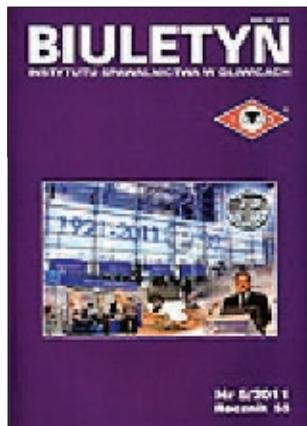
При лазерном термораскалывании стекла достигают точности разделения не более 0,1 мм. Скорости разделения зависят от толщины стекла. Термораскалыванием с использованием одностороннего поверхностного источника разогрева разделяют листовое стекло толщиной до 6 мм. Материалы с более высокими коэффициентами 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.

● #1199



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 №7–2011 журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша)

J. Sioma, I. Szczygieł, A. Sachajdak. Моделирование высокотемпературных процессов при дуговой наплавке

B. Słazak. Оценка стабильности ручной дуговой сварки с использованием цифровых вольт-амперных характеристик

J. Dobosiewicz, W. Brunne. Причины утечек в трубопроводах для транспортировки аммиака вблизи сварных соединений

M. Banasik, S. Stano. Дисковые лазеры — источник теплоты для сварки

S. Krajewski, J. Nowacki. Микроструктура и механические свойства высокопрочной стали AHSS

J. Gorka, M. Adamiak, E. Darda. Анализ структуры и химического состава сварного соединения листов из износостойкой и конструкционной стали

L. Blacha, A. Karolczuk. Сравнение энергетической модели определения усталостной прочности сварных соединений с международными рекомендациями

I. Kalemба, S. Dymek. Микроструктура и свойства соединений из сплавов алюминия, выполненных сваркой трением с перемешиванием

L. Tuz, P. Kołodziejczak, An. Kolasa. Структура стыкового соединения литых сплавов магния



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

A. Siennicki. Перспективы развития роботизации дуговой сварки в защитных газах

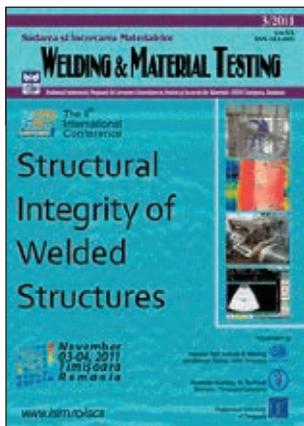
T. Pfeifer. Развитие рынка промышленных роботов в Польше и в мире

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



**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

РЕЦЕНЗИЯ



**Биковський О.Г.
Зварювання та різання кольорових металів:
Довідковий посібник. — К.: «Основа», 2011. — 392 с.**

Существующие справочники по сварке и резке цветных металлов, изданные 20–30 лет тому назад, стали библиографической редкостью и не отвечают сегодняшнему уровню интересов читателя, а немногочисленные публикации в периодических изданиях не дают целостного представления о состоянии вопроса.

Вышедшая недавно книга, безусловно, является своевременным и полезным изданием, в котором обобщены данные, ранее опубликованные в справочниках и монографиях, а также сведения, приведенные в сварочных журналах в последние годы.

В первой части рассмотрены маркировка, свариваемость, материалы, технология и техника сварки и наплавки современных конструкционных цветных металлов и сплавов. Описаны современные способы сварки, сварочные материалы отечественного и иностранного производства, параметры режима сварки и технологические рекомендации. Такой подход позволяет обоснованно выбрать оптимальный способ сварки, необходимые сварочные материалы, ориентировочные параметры режима, технологию и технику выполнения сварочных работ, что дает возможность исполнителю наиболее эффективно осуществить сварку и получить сварную конструкцию с заданными свойствами и высоким качеством.

Во второй части рассмотрены способы термической резки цветных металлов, которые чаще всего применяются в заготовительных операциях, приведены конкретные параметры режима этих процессов.

В третьей части описано оборудование для сварки и резки цветных металлов как универсальное, так и специализированное, с указанием его технических характеристик и рекомендациями по использованию.

Вопросы охраны труда и техники безопасности с учетом специфики металлообработки цветных металлов и сплавов рассмотрены в четвертой части справочника.

Таким образом, для пользователя (рабочего-сварщика, студента, инженера-конструктора, технолога) в этой книге есть все необходимые сведения для разработки технологического процесса сборки, сварки, наплавки и резки цветных металлов и сплавов, а также для выбора соответствующего оборудования.

Безусловно, можно приветствовать появление этой книги и выразить надежду, что она будет востребована широким кругом специалистов в области сварочного производства.

*Книгу можно приобрести в издательстве «Основа»,
справки по тел. +380 44 584-38-97, тел./факс +380 44 584-38-95; 584-38-96.*

В.М. Илющенко, канд. техн. наук, Общество сварщиков Украины

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 следующие 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. ● #1200

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



Межотраслевой учебно-аттестационный центр ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины Программы профессиональной подготовки на 2012 г.



1. Повышение квалификации инженерно-технических работников (с аттестацией на право технического руководства работами при изготовлении ответственных сварных конструкций, в т.ч. подведомственных государственным надзорным органам)

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения	
101	Техническое руководство сварочными работами на объектах, за которыми осуществляется государственный надзор	подготовка и аттестация	3 недели (112 ч)	
102		переаттестация	18 ч	
172		расширение области аттестации	6 ч	
103	Техническое руководство сварочно-монтажными работами при строительстве и ремонте газопроводов из полиэтиленовых труб	подготовка и аттестация	2 недели (72 ч)	
104		переаттестация	1 неделя (32 ч)	
105	Подготовка и аттестация председателей комиссий по аттестации сварщиков — экспертов Украинского аттестационного комитета сварщиков (УАКС)	3 недели (112 ч)	Декабрь	
106	Аттестация председателей комиссий по аттестации сварщиков — экспертов УАКС (расширение области аттестации)	8 ч	По согласованию с заказчиком и УАКС	
108	Подготовка членов комиссий по аттестации сварщиков:	специалистов технологических служб, отвечающих за организацию аттестации сварщиков	2 недели (72 ч)	
109	специалистов служб технического контроля, отвечающих за контроль сварных соединений (включая специальную подготовку к аттестации по визуально-оптическому методу контроля)	2 недели (74 ч)	Ежеквартально	
110	специалистов служб охраны труда предприятий	2 недели (74 ч)	Май	
111	Аттестация членов комиссий по аттестации сварщиков — специалистов технологических служб по сварке (расширение области аттестации)	6 ч	По согласованию с заказчиком	
113	Подтверждение полномочий председателей комиссий по аттестации сварщиков — экспертов УАКС (со стажем 3–15 лет)	16–32 ч	По согласованию с заказчиком и УАКС	
116	Подтверждение полномочий членов комиссий по аттестации сварщиков:	специалистов технологических служб по сварке (со стажем 3–15 лет)	16–32 ч	
147		специалистов по техническому контролю	16 ч	
164		специалистов по техническому контролю (включая спец. подготовку к аттестации по визуально-оптическому методу контроля)	36 ч	
120		специалистов по охране труда	16 ч	
121	Переподготовка специалистов сварочного производства по программам Международного института сварки с присвоением квалификации:	Международный инженер по сварке	458 / 120 ч ¹	
122		Международный технолог по сварке	356 / 90 ч ¹	
123		Международный специалист по сварке	239 / 60 ч ¹	
124		Международный практик по сварке	146 / 32 ч ¹	
126		Международный инспектор по сварке	полного уровня	230 ч
128			стандартного уровня	170 ч
125	базового уровня		115 ч	
131	Подготовка менеджеров по управлению качеством в сварочном производстве (с выдачей европейского сертификата)	2 недели (72 ч)	По согласованию с заказчиком	
132	Производство сварочных электродов: организация, технологии и системы управления качеством	3 недели (112 ч)	По согласованию с заказчиком	
133	Техническое руководство сварочными работами при ремонте действующих трубопроводов (под давлением)	подготовка и аттестация	2 недели (72 ч)	
134		переаттестация	22 ч	
135	Организация неразрушающего контроля на предприятиях железнодорожного транспорта	2 недели (72 ч)	По мере поступления заявок	
136	Металлографические исследования металлов и сварных соединений	подготовка и аттестация	2 недели (72 ч)	
137		переаттестация	22 ч	
138	Физико-механические испытания материалов и сварных соединений	повышение квалификации и аттестация	2 недели (72 ч)	
139		переаттестация	20 ч	
140	Эмиссионный спектральный анализ (стилюскопирование) металлов и сплавов	подготовка и аттестация	2 недели (74 ч)	
141		переаттестация	22 ч	

2. Повышение квалификации педагогических работников системы профессионально-технического образования в области сварки

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
205	Повышение квалификации мастеров (инструкторов) производственного обучения по сварке	4 недели (152 ч)	Постоянно, по согласованию с заказчиком
206	Повышение квалификации преподавателей специальных дисциплин профессионально-технических учебных заведений по направлению «Сварка»	2,5 недели (100 ч)	

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

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
Курсовая подготовка СВАРЩИКОВ со специализацией:			
301	Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	356 ч	По согласованию с заказчиком
304	Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом	400 ч	
302	Ручная дуговая сварка неплавящимся металлическим электродом в инертных газах	284 ч	
303	Газовая сварка	218 ч	
306	Автоматическая дуговая сварка под флюсом	112 ч	
307	Электрошлаковая сварка	112 ч	

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
Специальная подготовка СВАРЩИКОВ:			
308	контактной (прессовой) сварки (рельсов, промышленных и магистральных нефте- и газопроводов)	112 ч	По мере поступления заявок
309	пластмасс (сварка трубопроводов из полиэтиленовых труб)	196 ч	Февраль, октябрь
Переподготовка СВАРЩИКОВ:			
310	по программам Международного института сварки с присвоением квалификации «Международный сварщик»	120–610 ч ¹	По согласованию с заказчиком
380	в соответствии с Государственным стандартом ПТО на профессию «Сварщик»*	74–106 ч ¹	
Повышение квалификации и подтверждение уровня квалификации в соответствии с национальными и международными стандартами СВАРЩИКОВ:			
311	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	74–224 ч ¹	По согласованию с заказчиком
318	механизированной дуговой сварки плавящимся металлическим электродом в защитных газах	72–254 ч ¹	
325	ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в инертных газах	72–160 ч ¹	
332	газовой сварки	74–144 ч ¹	
Курсовая подготовка контролеров неразрушающего контроля со специализацией:			
340	магнитный метод контроля	176 / 196 ч ²	По согласованию с заказчиком
342	капиллярный метод контроля	166 / 186 ч ²	
344	радиографический метод контроля	178 / 198 ч ²	
346	ультразвуковой метод контроля	180 / 194 ч ²	
348	визуально-оптический метод контроля	148 / 166 ч ²	
Целевая курсовая подготовка (для железнодорожного транспорта) дефектоскопистов:			
352	магнитного контроля	120 ч	По мере поступления заявок
355	ультразвукового контроля	160 ч	
431	Специальная подготовка дефектоскопистов по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов	160 ч	

4. Аттестация персонала сварочного производства

Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения	
402	Специальная подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с ДСТУ 2944, ДСТУ ISO 9606-2,3,4,5 правилами Госгорпромнадзора (НПАОП 0.00-1.16-96), правилами Госатомнадзора (ПНАЭГ-7-003-87)	72 ч	Постоянно, по согласованию с заказчиком	
403	Дополнительная и внеочередная аттестация сварщиков согласно с правилами Госгорпромнадзора (НПАОП 0.00-1.16-96)	24 ч		
404	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с правилами Госгорпромнадзора (НПАОП 0.00-1.16-96), правилами Госатомнадзора (ПНАЭГ-7-003-87)	32 ч		
405	Специальная подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с международными (или европейскими) стандартами ISO 9606 (или EN 287-1)	112 / 72 ч ³		
407	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с международными (или европейскими) стандартами ISO 9606 (или EN 287-1)	32 ч		
408	Специальная подготовка и аттестация операторов автоматической сварки плавлением / наладчиков контактной сварки в соответствии с стандартом ДСТУ ISO 14732	72 ч		
409	Специальная подготовка и аттестация сварщиков на допуск к выполнению сварочных работ при ремонте действующих магистральных трубопроводов (под давлением)	112 ч		
410	Периодическая аттестация сварщиков на допуск к выполнению сварочных работ при ремонте действующих магистральных трубопроводов (под давлением)	32 ч		
413	Аттестация сварщиков пластмасс (сварка трубопроводов из полиэтиленовых труб)	Проводится по окончании курса 309		
414	Периодическая аттестация сварщиков пластмасс (сварка трубопроводов из полиэтиленовых труб)	32 ч		Февраль, март, апрель, сентябрь, декабрь
415	Специальная подготовка дефектоскопистов к сертификации согласно НПАОП 0.00-6.14-97	ультразвуковой контроль	24 ч	Ежемесячно
416		ультразвуковой контроль	60 / 70 / 140 ч ⁴	По мере поступления заявок
419		радиационный контроль	24 ч ⁴	Ежемесячно
420		радиационный контроль	60 / 70 / 140 ч ⁴	По мере поступления заявок
423		магнитный контроль	24 / 60 / 110 ч ⁴	
426		капиллярный контроль	24 / 60 / 110 ч ⁴	
428		визуально-оптический контроль	24 / 30 / 70 ч ⁴	Ежемесячно
358		Специальная подготовка и аттестация дефектоскопистов по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов (согласно РД 07-09-97)	подготовка и аттестация	76 ч
430	переаттестация	36 ч		

¹ Продолжительность обучения определяется в зависимости от базовой профессиональной подготовки.

² Продолжительность обучения зависит от специализации и уровня квалификации.

³ Длительность программы определяется по результатам входного тестирования.

⁴ Продолжительность обучения указывается в направлении ОСП (орган по сертификации персонала).

* Обучение проводится согласно новому государственному стандарту профессионально-технического образования ДСПТО 7219:2011 на профессию «Сварщик». **Код профессии: 7219** в соответствии с классификатором профессий (ДК 003:2010).

По просьбе заказчиков возможно проведение обучения по другим программам, не вошедшим в данный перечень. На период обучения слушателям предоставляется жилье с оплатой за наличный расчет. Стоимость обучения определяется при заключении договора. Для приема на обучение необходимо направить заявку с указанием шифра курса, количества специалистов и почтовых реквизитов предприятия.

Тел. (44) 456-63-30, 456-10-74, 200-82-80, 200-81-09. Факс (44) 456-48-94.

Украина, 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: paton_muac@ukr.net, http://muac.kpi.ua

Итоги выставки «Weldex/Россварка 2011»

В Москве 18–21 октября в КВЦ «Сокольники» прошла 11-я Международная специализированная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий «Weldex/Россварка 2011».

Выставка является одной из самых авторитетных не только в России, но и в мире. В этом году в выставке приняли участие ведущие предприятия из Австрии, Великобритании, Германии, Италии, Китая, России, США, Швеции, Швейцарии, Франции, Финляндии и других стран. Были представлены 190 компаний из 12 стран мира. Результатом их плодотворной работы стали новые деловые контакты, обмен опытом с ведущими специалистами отрасли. Выставку посетили более 4 500 тысяч гостей, общая площадь экспозиции составила более 8000 кв. м. Традиционно в рамках деловой программы «Weldex/Россварка 2011» прошли научно-технические конференции, семинары, конкурсы «Лучший сварщик», «Лучший инженер сварщик» и «Мисс Сварка России».

Важность выставки отметил Л.В. Говоров, президент Московской торгово-промышленной палаты, подчеркнув, что предмет выставки «Weldex/Россварка» имеет огромное значение для машиностроительного, нефтегазового, строительного, транспортного комплекса любой страны.

Руководитель Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства Москвы А.Г. Комиссаров сказал, что «Weldex/Россварка» — основная площадка для демонстрации достижений производства, расширения международного сотрудничества и установления долгосрочных коммерческих связей.

В нынешнем году почти на 30% выросла суммарная экспозиционная площадь, вместе с большим числом информационных партнеров реализована мощная рекламная кампания, которая привлекла значительное число представителей самых разных

предприятий из различных отраслей промышленного производства России, стран СНГ, а также посетителей из других стран.

Ведущие производители сварочного оборудования представили новинки своей продукции.

Участниками выставки стали лидеры отрасли: Государственный рязанский приборный завод, ООО «Инсварком», НПФ ЗАО «ИТС», ООО «Кемппи», Lincoln Electric, ООО «Мессер Эвтектик Кастолин», ООО «Технологический центр ТЕНА», НПП «ТехноТрон», ООО «ЭСАБ» и многие другие. Московская производственная компания ООО «ТОР» представила линейку инверторных сварочных аппаратов «Торус». Государственный рязанский приборный завод продемонстрировал свой новый сверхкомпактный сварочный аппарат инвертор «Форсаж-161», предназначенный для ручной дуговой сварки (ММА) покрытыми электродами. Компания «Вебер Комеханикс» представила вниманию гостей новые серии аппаратов Convex Vision и Convex Basic (Convex — многофункциональные инверторные источники питания для МИГ/МАГ, ММА и ТИГ-сварки).

Деловая программа выставки строилась с учетом актуальных потребностей сварщиков. С успехом прошли: пресс-конференция, посвященная созданию совместного предприятия Microstep Welding (организатор — компания «Вебер Комеханикс»);



конференция «Современные методы совершенствования сварочных производств для обеспечения стабильности свойств сварных соединений — технологическая модернизация и инновационное развитие» (организаторы — МВК, Компания «Элсвар», Российское научно-техническое сварочное общество (РНТСО)); научно-практическая конференция в формате делового клуба по профессиональным интересам «Сварочное оборудование и материалы для

обновления и подъема промышленного производства» (организаторы — MVK, Московская Межотраслевая Ассоциация Главных Сварщиков (ММАГС)).

В рамках выставки состоялось множество презентаций новейшей продукции и технологий ведущих мировых и европейских фирм.

Все мероприятия деловой программы были направлены на развитие сварочного производства России, поиск новых технологий в этой сфере, создание условий для конкурентной среды.

В рамках выставки «Weldex/Россварка 2011» с успехом и при высокой активности участников и гостей прошло множество конкурсов: «Лучший сварщик 2011», «Лучший молодой сварщик 2011», «Лучший инженер (ученый) в области сварки 2011», «Мисс Сварка Мира (России) 2011». Остроту соревнованию сварщиков придавали прекрасные призы — сварочные аппараты, сварочные маски «Хамелеон» и наборы газосварочного оборудования, предоставленные компаниями ESAB (Швеция), Kemppi (Финляндия), «Сварог» (Россия) и компанией «Ро-Ар».

Призы для победителей в трех номинациях для конкурса «Лучший молодой сварщик 2011» — аудиосистемы mp3 — подготовила компания «Элсвар» (Электросталь, Московская обл.).

В конкурсе «Лучший молодой сварщик 2011» приняли участие студенты учебных заведений Москвы и Московской области.

Победителями конкурсов среди профессионалов стали:

- в номинации «Полуавтоматическая сварка плавящейся проволокой в среде защитных газов MIG/MAG» — **А.А. Аметов** (ЗАО «Бецема», Красногорск, Московская обл.);
- в номинации «Ручная дуговая сварка покрытым электродом ММА» — **П.В. Фетисов** (МГУП «Мосводоканал», Москва);
- в номинации «Газопламенная сварка и резка» — **А.И. Щербинин** (МУП «Химкинская теплосеть», Химки, Московская обл.).

Жюри в составе доктора технических наук, профессора О.И. Стеклова, доктора технических наук, профессора В.А. Казакова, кандидата технических наук, действительного члена РИА В.Н. Бутова признало победителем главного сварщика «Криогенмаш» **Г.С. Киселева**. В торжественной обстановке Г.С. Киселев был награжден почетным дипломом и получил в подарок годовую подписку на журнал «Сварочное производство» (спонсор — издательство «Машиностроение»), инверторный сварочный

аппарат ARC 145 (спонсор — компания «Сварог», С.-Петербург), а также сварочную маску «Хамелеон» (спонсор — компания Optrel, Швейцария).

Красотой и оригинальностью поразил гостей выставки конкурс «Мисс Сварка Мира (России) 2011». В этом году заявки на конкурс подали 36 девушек из многих городов России. Конкурсной комиссией и жюри из претенденток к финальной час-



ти конкурса были допущены 6 победительниц заочной части конкурса.

Конкурс, как и во все предыдущие годы, получился ярким и зрелищным. Девушки соревновались в ручной художественной плазменной резке и аргодуговой сварке, исполняли балльные танцы, дефилировали в рабочей одежде в качестве манекенщиц и демонстрировали продукцию участников выставки, читали стихи, пели, участвовали в викторине. Победительницей конкурса была признана студентка МЭИ **Снежана Медведева** (Подольск Московской обл.). Она была увенчана изумительной короной авторского исполнения, награждена памятным дипломом MVK и РНТСО и главным призом — домашним кинотеатром.

Участники и посетители выставки достигли поставленных целей и остались довольны результатами работы.

Международная выставочная компания в составе группы компаний ITE выражает особую благодарность за содействие в подготовке и организации выставки Министерству промышленности и торговли РФ, Торгово-промышленной палате РФ, Правительству Москвы, Правительству Московской области, Российскому научно-техническому сварочному обществу, Московской Межотраслевой Ассоциации главных сварщиков, компании «Элсвар», Европейской сварочной ассоциации (EWA), Европейской федерации сварки, соединения и резки (EWF).

В следующем году выставка «Weldex/Россварка» пройдет в КВЦ «Сокольники» 23–26 октября 2012 г. Подробная информация на сайте www.weldex.ru.

● #1201

V Международный семинар по сварке

Е.Г. Красносельская, «Триада-Сварка» (Запорожье)

«20 лет — путь от сварки электродом до роботизации процесса!» — под таким девизом прошел V Международный семинар по сварке, организованный запорожским предприятием «Триада-Сварка» 12 октября 2011 г. Он был проведен на базе технического центра «Триада-Сварка» специально для главных сварщиков, главных технологов и ведущих специалистов промышленных предприятий.

В семинаре приняли участие около 130 человек:

- представители крупнейших промышленных предприятий «Мотор Січ», «Ивченко-Прогресс», «Атомэнергомаш», «Южмаш», «Днепртяжмаш», «Запорожтрансформатор», «АЗ», «Искра», Криворожский завод горного оборудования, Азовский машиностроительный завод и др.;
- главные сварщики, главные инженеры и технологи, ведущие специалисты 84 промышленных предприятий Юго-Восточного региона Украины;
- официальные представители-специалисты фирмы «Fronius International GmbH» (Австрия) и ООО «Фрониус Украина»;



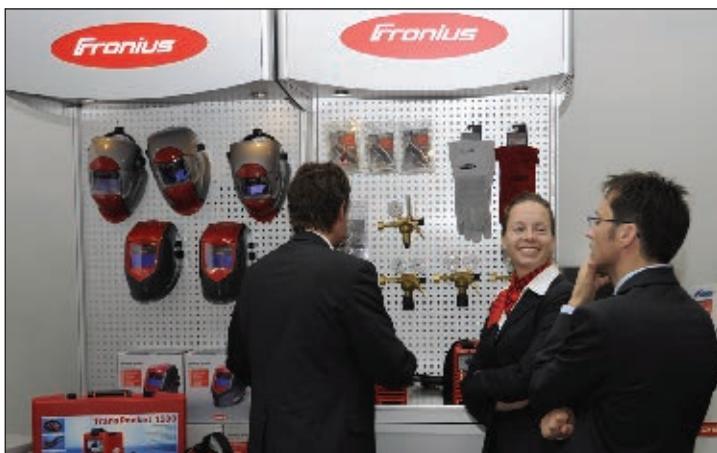
- официальные представители фирмы Yaskawa Nordik AB former Motoman Robotics Europe AB (Швеция) и Yaskawa Nordik AB (Россия);
- официальные представители Общества сварщиков Украины;
- руководители кафедры, профессора и преподаватели кафедры сварки Запорожского НТУ.

Тема семинара: «Роботизация, автоматизация и механизация сварочных процессов».

Программа семинара включала такие вопросы:

- ознакомление и демонстрация в работе новинок электросварочного оборудования, разработанных и освоенных фирмой «Fronius», в том числе для механизации и автоматизации сварочных процессов;
- роботизация сварочных процессов, демонстрация возможностей сварочного робота фирмы «Мотоман»;
- предоставление индивидуальных практических консультаций по применению электросварочного оборудования в производстве.

Открыл семинар директор предприятия «Триада-Сварка» К.В. Красносельский. В своем докладе он рассказал о предприятии и основных направлениях его развития: «...с 1992 г. «Триада-Сварка» работает на рынке сварочного оборудования и занимается вопросами, связанными с развитием и становлением различных сварочных производств. Многолетний опыт работы построен на тесном и взаимном сотрудничестве с крупнейшими мировыми разработчиками и производителями в этой отрасли: «Fronius GmbH» (Австрия), «Hypertherm» (США), ОАО «СЭЛМА» (Украина), «Abicor Binzel» (Германия), «Askaynak» (Турция). Предприятие «Триада-Сварка» предлагает весь спектр услуг по подбору, поставке и обслуживанию сварочного оборудования для ручной дуговой сварки, полуавтоматической сварки в среде защитных газов, аргонодуговой сварки неплавящимся электродом; автоматической сварки под слоем флюса, контактной сварки, плазменной и лазерной сварки. Оборудование для плазменной резки, сварочные принадлежности и расходные материалы являются немаловажной



частью ассортимента. В нашем сервисном центре работают технически грамотные и высококвалифицированные специалисты, имеющие опыт работы в развитии технологии сварки, прошедшие стажировку на заводах-производителях оборудования Австрии, Германии, Турции и Украины.

Хочется отметить, что предприятие «Триада-Сварка» первое в мире и единственное в Украине прошло сертификацию фирмы «Fronius International GmbH» и получило сертификат SFD официального сертифицированного дилера. В феврале 2011 г. компания подписала договор эксклюзивного представителя в Украине турецкого производителя сварочных материалов фирмы «Askaunak». Подписан договор официального и единственного дистрибьютора в Украине с компанией «Yaskawa Nordik AB», производителя роботов Motoman. Следующим шагом в развитии компании стало открытие офиса в Днепропетровске, в котором представлено сварочное оборудование таких фирм, как «Fronius» (Австрия), «Abicor Binzel» (Германия) и сварочные материалы «Askaunak» (Турция). На базе нового офиса сформирован склад расходных материалов и запчастей к предлагаемому оборудованию, а также демонстрационный зал».

На семинаре выступили генеральный менеджер «Фрониус Украина» А. Schimpf (Fronius International, Austria) и управляющий по торговле предприятия «Фрониус Украина» В.А. Однорог.

С докладом «Механизация и автоматизация сварочных процессов. Обзор существующих проектов, перспективные проекты для Украины» выступил руководитель отдела автоматизации R. Nussbaumer (Fronius International, Austria).

Доклад «Аксессуары и принадлежности для сварки и сварщиков» представил J. Wirnsperger (Fronius International, Austria). Проведена также демонстрация тренажера сварщика «Virtual Welding».

Была проведена презентация компании «Yaskawa Nordik AB», производителя роботов «Motoman». С докладом «Обзор существующих проектов и перспективные проекты для Украины в области роботизации сварочных процессов» выступил менеджер по продажам В.С. Вихарев («Yaskawa Nordik AB», Россия).

С докладом «Новое поколение инверторных сварочных полуавтоматов серии «Trans-Steel» выступил руководитель проектов А.А. Чепец («Триада-Сварка», Запорожье).



Доклад «Процесс сварка – СМТ» представил руководитель TSN В.П. Слюта («Фрониус Украина», Киев).

Участники семинара имели возможность увидеть в работе оборудование многих производителей. В ходе дискуссии участники обменялись мнениями по вопросам роботизации, автоматизации и механизации сварочных процессов.

Представитель Общества сварщиков Украины, канд. техн. наук В.М. Илюшенко торжественно вручил директору предприятия «Триада-Сварка» К.В. Красносельскому свидетельство о приеме предприятия «Триада-Сварка» в коллективные члены Общества сварщиков Украины (решением Совета ОСУ от 15 сентября 2011 г. №5/11) и подчеркнул, что на сегодняшний день в Запорожской области это вторая организация, принятая в ОСУ. В своем выступлении он отметил хорошую организацию семинара и необходимость регулярного проведения таких мероприятий в Украине.

На следующий день семинар продолжил работу для студентов кафедры сварки ЗНТУ и учащихся ЗВИПУ. В работе приняли участие более 100 человек.

● #1202

*Публикуется
на правах
рекламы.*

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 АМгб 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,



Запуск ракетного комплекса Р-14



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. Осташев 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.Степин, 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 перевели 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, Капустином 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 проплавающую 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.

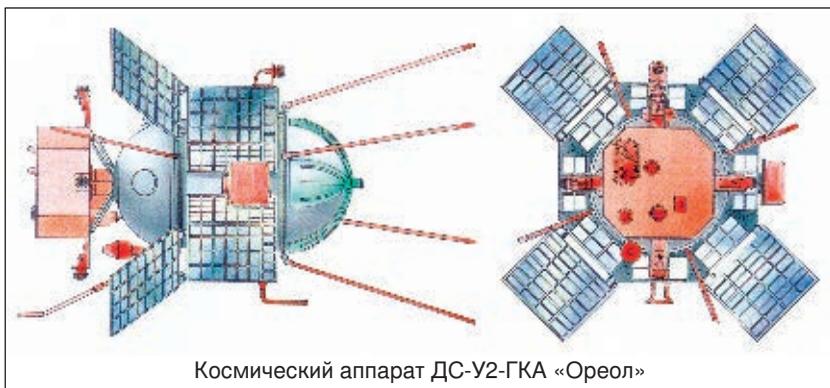
Микроплазменная сварка была внедрена в первую очередь для изготовления и приварки сильфонов и мембран. Наиболее высокой концентрации энергии удалось достичь при сварке вольфрамовым электродом в гелии на токе прямой полярности (ГДС) (В.П. Будник, Б.А. Стебловский, О.Н. Иванова и др.). На заводе «Прогресс» 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. Кузьминик 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 нижней торец ракеты, дренажные магистрали первой и второй ступени — на соответствующие переходники. Все магистрали выполнялись 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.

● #1203



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

Открыта подписка-2012 на журнал «Сварщик»

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

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

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на книги издательства «Экотехнология»

Название книги Цена (грн.)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с. 80

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

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

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

Книги прошу выслать по адресу:

Куда почтовый индекс

Кому

Счет на оплату прошу выслать по факсу:

(.)

Реквизиты плательщика НДС:

Св. № идент. №

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

Заполните этот талон и вышлите в редакцию журнала «Сварщик» по адресу: 03150 Киев, ул. Горького, 66 или по факсу: (044) 287-6502.

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

В 2012 г. цены на наши издания снижены на 20–30%.

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

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

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

1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140
1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149
1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158
1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167
1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176
1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185
1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194
1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203

Ф. И. О. _____

Должность _____
Тел. (_____) _____
Предприятие _____
Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2012 г.

_____ *ПОДПИСЬ*

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____
Тел. (_____) _____
Предприятие _____
Виды деятельности предприятия _____
Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____
Тел. _____ Факс _____
Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) _____
Тел. _____ Факс _____
Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) _____
Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу в 2012 г.

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Грн.*	Евро**
1 полоса	210×295	4000	550
1/2 полосы	180×125	2000	275
1/4 полосы	88×125	1000	140

На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Грн.*	Евро**
1 (первая)	215×185	9000	1200
8 (последняя)	210×295 (после обрезки)	6000	800
2 и 7	205×285)	5500	750

На страницах внутренней обложки

Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн.*	Евро**
3 (1 полоса)	210×295	5000	700
4-6 (1 полоса)	210×295	4500	600
4-6 (1/2 полосы)	180×125	2300	300

* Для организаций-резидентов Украины (цены с НДС и ННП).

** Для организаций-нерезидентов Украины (возможна оплата в национальной валюте по официальному курсу).

Рекламная статья: 1 полоса (стр.) — 1500 грн. (200 Евро).

Прогрессивная система скидок

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

Тарифы на рекламу универсальные — одинаковые для журналов «Сварщик» и «Сварщик в России».

При размещении рекламно-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется дополнительная скидка 5%.

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»:

формат журнала после обрезки 205×285 мм;
до обрезки 210×295 мм; **внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 20 мм.**

Цветные: TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC 5-11, include placed images (CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9-12, текст в кривых.

Сопроводительные материалы: желательна распечатка с названием файла и точными размерами макета. Размеры макета должны точно соответствовать вышеуказанным.

Носители: дискеты 3.5" — 2 копии файла или архива, или флэш-диск, или CD-ROM.

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

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**
тел./ф.: (0 44) **287-66-02**, (050) 413-98-86 (моб.)
e-mail: welder.kiev@gmail.com, tr@welder.kiev.ua
http://www.welder.kiev.ua/

Заполняется печатными буквами

ООО «Трида-Сварка»
с 1992 г. на рынке
сварочного оборудования
Украины



**ТРИАДА
СВАРКА**

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОСТАВЩИК
СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



**РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СВАРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПОЛНАЯ
КОМПЛЕКТАЦИЯ
СВАРОЧНЫХ
ПРОИЗВОДСТВ**

**РЕМОНТ ЛЮБОГО
СВАРОЧНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

**ПУСКО-НАЛАДОЧНЫЕ
РАБОТЫ**

**ШИРОКИЙ ВЫБОР
СВАРОЧНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Украина, г. Запорожье,
ул. 40 лет Сов. Украины, 82, оф. 79
sales@triada-welding.com
www.triada-welding.com
г. Днепропетровск,
пр. Кирова, 58, оф. 6

тел.: (061) 220-00-79
(061) 213-22-69
факс: (061) 233-10-58
(0612) 34-36-23
тел.: (056) 375-65-83
(050) 322-50-03



ОАО «ЗОНТ»

торговая
марка

АВТОГЕНМАШ

Украина, 65104, г. Одесса
пр. Маршала Жукова, 103
тел. (048) 717-0050
факс (048) 715-6950
E-mail: oaozont@zont.com.ua
URL: www.zont.com.ua

- ◆ **Лазерные комплексы**
- ◆ **Плазменные комплексы**
- ◆ **Газорезущее оборудование**
- ◆ **Торговые марки машин — «Комета М», «Метеор», «АСШ-70», «Радуга»**



РОБОТЫ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ



- ◆ **Компания основана в 1976 году**
- ◆ **Более 8 700 сотрудников**
- ◆ **Более 230 000 роботов по всему миру**
- ◆ **Более 150 проектов в России и странах СНГ**
- ◆ **Все роботы производятся в Японии и проходят 100% контроль качества**
- ◆ **Применение наших роботов возможно в различных сферах**
- ◆ **Мы предлагаем роботов с количеством осей от 4-х по 15-ти и грузоподъемностью от 3 до 800 кг**
- ◆ **Нам приятно, что нашими клиентами являются известные мировые компании**

**ОПЫТ, НА КОТОРЫЙ ВЫ МОЖЕТЕ
ПОЛОЖИТЬСЯ, ДОБАВИТ
ЦЕННОСТЬ ВАШИМ ВЛОЖЕНИЯМ**

YASKAWA
MOTOMAN

Москва

ул. Отрадная, 2Б, стр. 6, офис 304. Тел. +7 495 644 24 09

Санкт-Петербург

Пулковское ш., д. 40, корпус 4, офис 8067. Тел. +7 965 085 56 85

www.yaskawa.eu.com



ПАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

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



На заводе разработана и внедрена Система управления качеством с получением Сертификатов TUV NORD CERT GmbH на соответствие требованиям стандарта ISO 9001:2008 и Государственного предприятия Научно-технического центра «СЕПРОЗ» ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT).



Благодаря тесному сотрудничеству с ИЭС им. Е. О. Патона завод освоил производство сварочных флюсов **двойным рафинированием расплава**. Этот наиболее прогрессивный способ варки флюсов, защищенный патентами, существенно улучшил сварочно-технологические свойства флюсов при сохранении благоприятного соотношения качества и цены.



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

АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АД, АН-348-АП, АН-47, АН-47Д, АН-47П, АН-60, АН-60М, ОСЦ-45, АНЦ-1А, ОСЦ-45 мелкой фракции.

(ГОСТ 9087-81, ТУ У 05416923.049-99, ГОСТ Р 52222-2004).
СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ, силикатный модуль от 2,0 до 3,5. Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.

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

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

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

ПАО «Запорожстеклофлюс»
Украина, 69035, г. Запорожье, ГСП-356, ул. Диагональная, 2.
Отдел внешнеэкономических связей и маркетинга

Тел.: +380 (61) 289-0353; 289-0350
Факс: +380 (61) 289-0350; 224-7041
E-mail: market@steklo.zp.ua
http://www.steklo-flus.com

Официальный представитель ПАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Российской Федерации
ЗАО «ЕвроЦентр», г. Москва. Отгрузка со складов Москвы, Курска.
Тел. (495) 646-2755, 988-3897 — Коваленко Людмила Викторовна, Кашавцев Владимир Викторович, Кашавцев Юрий Викторович

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

Дистрибьюторы:
ООО «ВУТМАРК-УКРАИНА»
г. Киев, ул. Плодовая, 16
т./ф. +380 44 392 73 44
info@wutmarc.com.ua
www.wutmarc.com.ua

ООО «ЭКОТЕХНОЛОГИЯ»
г. Киев, 03150, ул. Антоновича (Горького), 62
т./ф. +380 44 200 8056
sales@et.ua
www.et.ua

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



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

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