



1 (47) 2006

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

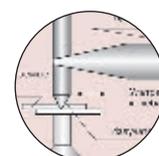
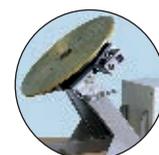
информационно-технический журнал
Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

1—2006

СОДЕРЖАНИЕ

	Новости техники и технологий	3
	Ремонт и восстановление	
	Технические средства для резки взрывом при ремонтно-восстановительных и демонтажных работах. <i>Л. А. Волгин, Б. И. Паламарчук, А. Т. Малахов, С. Г. Лебедь, В. А. Кулешов</i>	6
	Ремонт технологического оборудования компаундами на основе синтетических смол и высокодисперсных наполнителей. <i>С. В. Малюгин, М. М. Смирнов, Н. В. Давыдкин, А. С. Малюгин</i>	10
	Наши консультации	13
	Технологии и оборудование	
	Энергосберегающие технологии снижения остаточных напряжений в сварных конструкциях. <i>Г. И. Лашенко</i>	16
	Высокотемпературные припои, полученные методом механического легирования. <i>Ю. А. Абузин, Б. Н. Бабич, С. Я. Власенко, И. Ю. Ефимочкин, В. С. Рыльников</i>	20
	Механизированная сварка фурм кислородного дутья	23
	Композиционные порошковые покрытия специального назначения. <i>Э. В. Зверев, С. А. Воронцов, Э. Е. Тукбаев, Э. Р. Галимов</i>	24
	Оборудование для термообработки сварных соединений на выставке «Сварка. Резка—2005» в Эссене. <i>А. А. Шуляк, П. М. Корольков</i>	28
	Совершенствование конструкции металлокомпозитных баллонов. <i>Я. Г. Осадчий, Ю. И. Русинович, В. П. Трошин</i>	32
	Ультразвуковая точечная сварка: новый способ соединения алюминия. <i>E. Hetrick, R. Jahn, L. Reatherford, J. Skogsmo, S. Ward, D. Wilkosz, J. Devine, K. Graff, R. Gehrin</i>	35
	Специализированные фрезерные машины для разделки кромок. <i>А. А. Кайдалов</i>	38
	Научно-производственная фирма «Техвагонмаш». Новое в разработках сборочно-сварочного оборудования	40
	Сертификация и качество	
	Производители сварочных материалов, имеющие сертификат соответствия в системе УкрСЕПРО, выданный НТЦ «СЕПРОЗ» (по состоянию на 01.01.2006). <i>Н. А. Проценко</i>	42
	Производители сварочных материалов, имеющие сертификат соответствия в системе УкрСЕПРО, выданный Запорожским РГЦСМС (по состоянию на 01.01.2006). <i>А. М. Маслак</i>	47
	Конференции и семинары	
	Лекция ученых Института электросварки им. Е. О. Патона НАНУ на сварочном факультете НТУУ «КПИ»	48
	Повышение надежности сварных соединений при монтаже и ремонте технологического оборудования в энергетике. Научно-технический семинар. <i>А. А. Кайдалов</i>	49
	Охрана труда	
	Шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні. Частина II. <i>О. Г. Левченко</i>	50
	Выставки	
	Календарь выставок на 2006 г.	53



Новини техніки і технологій	3
Ремонт і відновлення	
• Технічні засоби для різання вибухом при ремонтно-відновлювальних і демонтажних роботах. <i>Л. О. Волгін, Б. І. Паламарчук, А. Т. Малахов, С. Г. Лебедь, В. А. Кулешов</i>	6
• Ремонт технологічного встаткування компаундами на основі синтетичних смол і високодисперсних наповнювачів. <i>С. В. Малюгін, М. М. Смирнов, М. В. Давидкін, О. С. Малюгін</i>	10
Наші консультації	13
Технології і устаткування	
• Енергозберігаючі технології зниження залишкових напружень у зварних конструкціях. <i>Г. І. Лашченко</i>	16
• Високотемпературні припої, отримані методом механічного легування. <i>Ю. О. Абузін, Б. Н. Бабич, С. Я. Власенко, І. Ю. Єфимочкин, В. С. Рильников</i>	20
• Механізоване зварювання фурм кисневого дуття	23
• Композиційні порошкові покриття спеціального призначення. <i>Е. В. Зверев, С. А. Воронцов, Е. Є. Тукбаєв, Е. Р. Галимов</i>	24
• Устаткування для термообробки зварних з'єднань на виставці «Зварювання. Різання—2005» в Ессені. <i>А. А. Шуляк, П. М. Корольков</i>	28
• Удосконалювання конструкції металокомпозитних балонів. <i>Я. Г. Осадчий, Ю. І. Русиневич, В. П. Трошин</i>	32
• Ультразвукове точкове зварювання: новий спосіб з'єднання алюмінію. <i>Е. Hetrick, R. Jahn, L. Featherford, J. Skogsmo, S. Ward, D. Wilkosz, J. Devine, K. Graff, R. Gehrin</i>	35
• Спеціалізовані фрезерні машини для оброблення крайок. <i>А. А. Кайдалов</i>	38
• Науково-виробнича фірма «Техвагонмаш». Нове в розробках складально-зварювального устаткування	40
Сертифікація і якість	
• Виробники зварювальних матеріалів, що мають сертифікат відповідності в системі УкрСЕПРО, виданий НТЦ «СЕПРОЗ» (за станом на 01.01.2006). <i>Н. А. Проценко</i>	42
• Виробники зварювальних матеріалів, що мають сертифікат відповідності в системі УкрСЕПРО, виданий Запорізьким РДЦСМС (за станом на 01.01.2006). <i>А. М. Маслак</i>	47
Конференції й семінари	
• Лекція вчених Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАНУ на зварювальному факультеті НТУУ «КПІ»	48
• Підвищення надійності зварних з'єднань при монтажі й ремонті технологічного устаткування в енергетиці. Науково-технічний семінар. <i>А. А. Кайдалов</i>	49
Охорона праці	
• Шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні. Частина II. <i>О. Г. Левченко</i>	50
Виставки	
• Календар виставок на 2006 р.	53
CONTENT	
News of technique and technologies	3
Repair and restoration	
• Technical means for cutting by explosion at repair-restoration and dismantling works. <i>L. A. Volgin, B. I. Palamarchuk, A. T. Malakhov, C. G. Lebed, V. A. Kuleshov</i>	6
• Repair of the technological equipment of the enterprises by compounds on the basis of synthetic resins and high disperse fillers. <i>S. V. Malyugin, M. M. Smirnov, N. V. Davydkin, A. S. Malyugin</i>	10
Our consultations	13
Technologies and equipment	
• Energy saving technologies of reduction of residual stresses in welded designs. <i>G. I. Lashchenko</i>	16
• High-temperature solders obtained by a method of mechanical alloying. <i>Yu. A. Abuzin, B. N. Babich, S. Ya. Vlasenko, I. Yu. Efimochkin, V. S. Rylnikov</i>	20
• The mechanized welding of tuyeres of oxygen blowing	23
• Composite powder coating of special assignment. <i>E. V. Zverev, S. A. Vorontsov, E. E. Tukbayev, E. R. Galimov</i>	24
• The equipment for heat treatment of welded joints at an exhibition «Welding&Cutting—2005» in Essen. <i>A. A. Shulyak, P. M. Korolkov</i>	28
• Perfection of a design of metal composite cylinders. <i>Ya. G. Osadchiy, Yu. I. Rusinovich, V. P. Troshin</i>	32
• Ultrasonic spot welding: a new way of joining of aluminium. <i>E. Hetrick, R. Jahn, L. Featherford, J. Skogsmo, S. Ward, D. Wilkosz, J. Devine, K. Graff, R. Gehrin</i>	35
• The specialized milling machines for preparation of edges. <i>A. A. Kaydalov</i>	38
• Research-and-production firm «Techvagonmash». New in development of the assembling-welding equipment	40
Certification and quality	
• The manufacturers of welding materials having the certificate of conformity in system UkrSEPRO, given by STC «SEPROZ» (on 01.01.2006). <i>N. A. Protsenko</i>	42
• The manufacturers of welding materials having the certificate of conformity in system UkrSEPRO, given by Zaporozhye SCCMC (on 01.01.2006). <i>A. M. Maslak</i>	47
Conferences and seminars	
• Lecture of scientists of The E.O. Paton Electric Welding Institute in welding faculty of NTUU «KPI»	48
• Increase of reliability of welded joints at mounting and repair of the technological equipment in power engineering. A scientific and technical seminar. <i>A. A. Kaydalov</i>	49
Labor protection	
• Harmful substances formed at welding. Part II. <i>O. G. Levchenko</i>	50
Exhibitions	
• Calendar of exhibitions on 2006.	53

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Учредители

Институт электросварки
 им. Е. О. Патона НАН Украины,
 Государственное
 внедренческое предприятие
 «Экотехнология»

Издатель

ГВП «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают

Общество сварщиков Украины,
 Национальный технический
 университет Украины «КПИ»

Журнал издаётся
 при содействии UNIDO

Главный редактор

К. А. Ющенко

Зам. главного редактора

Б. В. Юрлов,
 Е. К. Доброхотова

Редакционная коллегия

В. В. Андреев,
 В. Н. Бернадский,
 Ю. К. Бондаренко,
 Ю. В. Демченко,
 В. М. Илюшенко,
 А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко,
 П. П. Проценко, И. А. Рябцев

Редакционный совет

В. Г. Фартушный (председатель),
 Н. В. Высоколян, Н. М. Кононов,
 П. А. Косенко, М. А. Лактионов,
 Я. И. Микитин, Г. В. Павликов,
 В. Н. Проскудин,
 А. Д. Размышляев,
 А. В. Щербак

Редакция

Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина

Маркетинг и реклама

В. Г. Абрамишвили

Верстка

Т. Д. Пашигорова, А. Е. Рублева

Адрес редакции

03150 Киев, ул. Горького, 62

Телефон

+380 44 528 3523, 529 8651

Тел./факс

+380 44 287 6502

E-mail

welder@et.ua,
 welder@welder.kiev.ua

URL

http://www.et.ua/welder/

Представительство в Беларуси

Минск
 Вячеслав Дмитриевич Сиваков
 +375 17 213 1991, 246 4245

Представительство в России

Москва
 Александр Николаевич Тымчук
 e-mail: atim@iskra-net.ru
 www.welder.ru
 ООО «АНТ «Интеграция»

Представительство в Прибалтике

Рига, Янис Андерсон
 +371 7 538 974,
 +371 7 538 345 (ф.)
 e-mail: janis37@navigator.lv

Вильнюс, Александр Шахов
 +370 52 47 4301
 ПФ «Рекламное Центрас»

Представительство в Болгарии

София, Стоян Томанов
 +359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)
 e-mail: evertood@mail.bg
 ООД «Еверт-КТМ»

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

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

Подписано в печать 03.02.2006. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. Гарнитура Petersburg. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 03/02 от 03.02.2006. Тираж 3000 экз. Печать ООО «Людопринт Украина», 2006. 01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39–41, к. 1012–1014. Тел. (044) 289–0879, 287–4280.

© «Экотехнология», 2006



Новое программное обеспечение для контроля газовой системы

Новое программное обеспечение ADVANTIUM (фирма CONCOA, США) предлагает контроль газовой системы в масштабе реального времени и регистрацию событий. Программа контролирует сигналы тревоги как локальные, так и с отдаленных участков, и уведомляет о них по факсу или электронной почте. Программа получает вход через порт связи ADVANTIUM 8 RS232, который может быть адаптирован для инертных или огнеопасных газов с учетом их уровней безопасности. При возникновении опасности на мониторе компьютера оператора возникают вспышки изображения. Это позволяет пользователю отслеживать состояние газовой системы на производстве.

Совместимая с Windows 98, ME, NT, 2000 или XP программа ADVANTIUM позволяет пользователю издали контролировать газовые системы типа лазерного рез-



натора, микрокамеры, смесительные системы, газовые анализаторы и лабораторные датчики. В программе используют Windows меню. Периодичность контроля и условия аварийного состояния могут быть установлены с учетом требований пользователя.

Уведомления можно посылать многим адресатам (службе поддержки, начальнику газораспределительной станции, продавцу, водителю).

● #627

www.concoa.com

Поверхностная закалка деталей электрической дугой

На кафедре технологии и организации технического сервиса Челябинского государственного агроинженерного университета разработан способ упрочнения деталей машин теплотой электрической дуги, горячей между неплавящимся электродом и деталью, который позволяет существенно повысить качество упрочнения и увеличить производительность обработки.

Деталь закрепляют в патроне токарного станка. Вольфрамовый электрод укрепляют в приспособлении на суппорте станка, изолируя его электрически от металла суппорта, и устанавливают под определенным углом и на определенном расстоянии относительно закаливаемой поверхности детали. Деталь приводят во вращение с частотой около 500 мин^{-1} , на деталь и электрод подают сварочное напряжение. Между деталью и электродом зажигают дугу и включают подачу суппорта станка. По окончании закалки выключают сварочное напряжение, останавливают привод станка. Охлаждение, приводящее к структурным изменениям и упрочнению верхнего слоя металла детали,

происходит в результате отвода теплоты в глубинные, холодные слои металла, а также в окружающий воздух (газ) вследствие сильного турбулентного движения газа в граничном слое.

На основании исследований установлен рациональный режим закалки для детали диаметром 40 мм:

- напряжение холостого хода — 90 В;
- рабочее напряжение — 42 В;
- сила рабочего тока — 600 А;
- подача — 0,96 мм/об.;
- частота вращения детали — 500 мин^{-1} ;
- диаметр детали — 40 мм.

При этом ширина закаливаемой части составляет 20 мм. Результаты упрочнения: время нагрева шейки вала около 3 с, глубина закалки 0,3 мм, шероховатость поверхности Rz после упрочнения 40–80 мкм. Микротвердость зоны закалки монотонно снижается от поверхности в глубь детали. Закаленный слой равномерный по толщине как в поперечном, так и в продольном сечении шейки вала. При этом тепловой КПД составляет 50% и более. Объемная производительность процесса, отнесенная к единице подводимой мощности, приблизительно в четыре раза выше, чем при упрочнении поверхности с использованием ТВЧ (тепловой КПД 13–30%). Качество упрочнения можно характеризовать равномерностью упрочненного слоя по глубине. Для разработанного процесса неравномерность упрочнения по глубине находится в пределах 0,1–0,2 мм.

Данный способ закалки рекомендуют для упрочнения деталей машин при их изготовлении и восстановлении.

● #628

Н. Машрабов,

Челябинский государственный агроинженерный университет

Статья опубликована в журнале «Ремонт, восстановление, модернизация». — 2004. — №5. (Приведена в сокращенном виде)

Сварочный комбайн «Москва-5Н»

Научно-производственное предприятие «Газосварочные аппараты — XXI век» (Москва) представило на выставке Weldex-2005 безбаллонные сварочные аппараты для газоплазменной обработки материалов. «Москва-5Н» — это сварочный комбайн, предназначенный для дуговой сварки и газоплазменной обработки материалов. В этом аппарате совмещены сварочный инвертор и электролизно-водный генератор. Перевод с дугового режима работы на газоплазменный режим осуществляют переключателем.



Дуговую сварку можно выполнять на постоянном токе силой до 315 А. Газовую сварку выполняют стандартной ацетилено-кислородной сварочной горелкой. Аппарат переключает весь диапазон расходов газа при работе наконечником №4 и часть диапазона при работе на-

Техническая характеристика комбайна «Москва-5Н»:

Максимальная производительность на газовой смеси, л/ч, не менее	1600*
Потребляемая мощность, кВт, не более	7
Давление газовой смеси, МПа	0,5
Напряжение питания, В	380 (50 Гц, трехфазное)
Охлаждение	Воздушное
Расход воды на заправку водяного затвора, л, не более	0,4
Масса, кг, не более	75
Габаритные размеры, мм	360×850×680

* Для сварки стали нужно не менее 270–300 л/ч на 1 мм толщины.

конечником №5. Этого достаточно для газоплазменной сварки и пайки стали, алюминия, латуни и меди толщиной до 5 мм включительно, а также для резки этих материалов толщиной до 5 мм. Аппарат можно эксплуатировать и хранить при температуре 0 °С.

Сварочный комбайн используют при ремонтных работах, он особенно удобен, когда часть работы выполняют дуговой сваркой, а часть — газоплазменной.

● #629

НПП «Газосварочные аппараты — XXI век»

Цанговое пусковое устройство «Эффект-ЦПУ» для копьевой резки

Цанговое пусковое устройство «Эффект-ЦПУ», в дальнейшем ЦПУ, предназначено для крепления трубы и подачи в нее кислорода при продувке замороженных отверстий в разливных стаканах, дозаторах сталеразливочных ковшей, прожигания

леток металлургических печей, копьевой резки напылов, раковин в ковшах, конвертерах, изложницах и выполнения других ремонтных работ в сталеплавильном производстве. Устройство изготавливают в климатическом исполнении УХЛ1 и Т1, тип атмосферы 2 по ГОСТ 15150-69, интервал рабочих температур от минус 40 до плюс 40 °С. ЦПУ соответствует ГОСТ 12.2.008-75 и ДОСТ 2448-94.

Выпускают цанговые устройства для крепления труб диаметром 6; 8; 18; 20 мм. Последние два типоразмера наиболее распространены.

АО «Эффект» выпускает ЦПУ с горизонтальным и вертикальным расположением клапанной группы.

В настоящее время ЦПУ для труб диаметром 18 и 20 мм с горизонтальным расположением клапанной группы внедрены на Волжском трубном заводе. Такие же ЦПУ с удлинителем для уменьшения длины огарка трубы эксплуатируют в доменном цехе МК «Азовсталь».

● #630

М. М. Лилько, А. А. Мацкевич, В. Д. Кодра, АО «Эффект» (Одесса)

Техническая характеристика пускового устройства «Эффект-ЦПУ»:

Диаметр закрепленной трубы, мм	18	20
Применяемый газ	Кислород, сорт 1 по ГОСТ 5583–78	
Давление кислорода, МПа	0,2–1,6	0,2–1,6
Расход кислорода*, м ³ /ч:		
максимальный	До 100	До 100
минимальный	До 40	До 40
Длина, мм, не более	255,0	265,0
Размер резьбы присоединительного штуцера	М 20×1,5	М 27×1,5
Масса, кг, не более	1,60	2,10

* Расход кислорода определяет толщина прожигаемого металла и диаметр трубы.

Самое маленькое в мире отверстие



Обычный электроэрозионный станок, с помощью которого делают самые маленькие в мире отверстия (фото с сайта elmecengineering.ivancouver.com)

Британские ученые из университета Кардиффа (Cardiff University) теперь могут сверлить в нержавеющей стали и других материалах отверстия диаметром всего 0,022 мм, что намного меньше диаметра человеческого волоса (0,05–0,08 мм).

Отверстия, которые теперь делают в Кардиффе с помощью электроэрозионного станка (electrical discharge machine — EDM), могут быть самыми маленькими в мире, сообщил представитель университета Фрэнк Марш (Frank Marsh).

Стандартные электроды способны к созданию отверстий диаметром 0,015 мм. Микроотверстия, конечно, можно делать с помощью лазера, но по сравнению с EDM они невысокого качества, к выходу сужаются, тогда как с EDM можно просверлить ровные отверстия.

Такой рекорд был достигнут благодаря созданию электрода диаметром 0,006 мм. По словам Фрэнка Марша, возможность производить такие качественные крошечные отверстия в любом проводящем материале может быть использована в машиностроении, медицине, при производстве электроники и т. д.

● #631

www.membrana.ru

УКАЗ

ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ

Про присудження Державних премій України в галузі науки і техніки 2005 року (витяг)

На підставі подання Комітету з Державних премій України в галузі науки і техніки постановляю:

1. Присудити Державні премії України в галузі науки і техніки 2005 року:

за розробку, створення, освоєння виробництва та впровадження сімейства моделей вітчизняних сучасних пасажирських вагонів для швидкісних перевезень:

ВИСОКОЛЯНУ Миколі Васильовичу — головному зварювальнику відкритого акціонерного товариства «Крюківський вагонобудівний завод»;

за розробку фізико-металургійних і технологічних основ виготовлення та обробки титану і сплавів на його основі та їх впровадження у промисловість України:

ТРИГУБУ Миколі Петровичу — докторові технічних наук, завідувачу відділу Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України;

ЗАМКОВУ Вадиму Миколайовичу — докторові технічних наук, завідувачу відділу Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України;

АХОНІНУ Сергію Володимировичу — докторові технічних наук, старшому науковому співробітнику Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України;

за дослідження, розробку та впровадження технологій і конструкцій маскування для ефективного захисту об'єктів від сучасної розвідки:

КІР'ЯКОВУ Віктору Михайловичу — кандидатові технічних наук, провідному науковому співробітнику Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України.

2. Установити на 2005 рік розмір Державної премії України в галузі науки і техніки сто тисяч гривень кожна.

Президент України В. ЮЩЕНКО

№1782/2005

м. Київ, 19 грудня 2005 року

www.rada.gov.ua



Технические средства для резки взрывом при ремонтно-восстановительных и демонтажных работах

Л. А. Волгин, канд. техн. наук, НИЦ «Материалообработка взрывом» (Киев),
Б. И. Паламарчук, д-р физ.-мат. наук, А. Т. Малахов, С. Г. Лебедь, канд. техн. наук,
В. А. Кулешов, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Преимущества технологии резки взрывом — высокие скорость и качество, дистанционное ведение работ, автономность и мобильность — определяют сферу работ и перспективы этого метода. Резка взрывом позволяет значительно сократить продолжительность простоя трубопроводов при проведении ремонтно-восстановительных работ и ликвидации последствий аварий.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан и создан полный комплект основного и вспомогательного оборудования для серийного производства удлиненных кумулятивных зарядов (УКЗ) прямолинейной, кольцевой, седлообразной и любой другой необходимой формы диаметром от 2,5 до 80 мм (толщина перерезаемой преграды примерно равна диаметру УКЗ). В качестве примера на *рис. 1* показана резка трубы с помощью УКЗ–22.

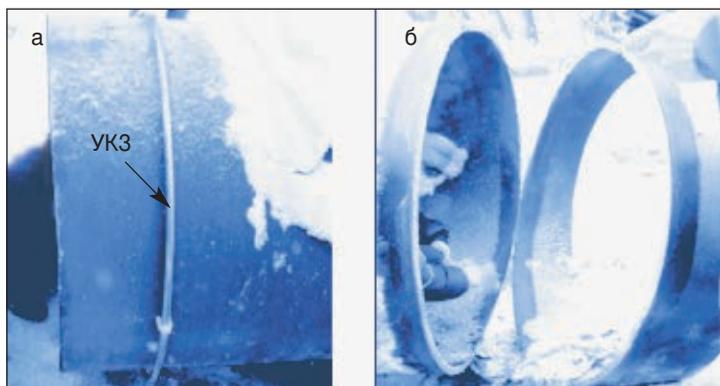
На основе УКЗ разработаны устройства, которые нашли широкое применение в нефтегазовой отрасли. С помощью трубореза кумулятивного кольцевого наружного (ТрККН) и седлообразного (ТрККС) в России и Украине в 1973–1990 гг. была произведена вырезка на магистральных трубопроводах более 3000 шт. ремонтных «катушек», задвижек, клапанов и подключено 519 шт. отводов без остановки перекачки нефти и нефтепродуктов. При этом была существенно снижена трудоемкость операций, повышена безопасность работ и сокра-

щен простой трубопроводов. Для предотвращения возгорания нефтепродуктов и их паров пространство вокруг места установки труборезов заполняли воздушно-механической пеной, используемой для пожаротушения. Проведенные металлографические исследования металла вблизи места реза УКЗ, показали, что для последующей сварки необходимо удалять зону шириной не более двух толщин стенки трубы.

Разработанные подводные труборезы ТрККП широко применяли для подводной резки трубчатых конструкций. В декабре 1985 г. в Азовском море были проведены послеаварийные демонтажные работы на разведочной буровой платформе «Обручева–114» (ГАО «Черноморнефтегаз»). В июле 1986 г. осуществляли демонтаж многослойного свайного основания морской стационарной платформы (МСП) «Голицыно–1» (ГАО «Черноморнефтегаз») для газодобычи в Черном море (*рис. 2*). Его проводили методом резки свай при помощи ТрККП с устройством для гашения гидроударных волн пузырьковой средой «Ромашка». В 1986 г. в Каспийском море около Баку были выполнены работы по резке трубчатых опор на глубине 6 м, в результате которых был демонтирован участок эстакады длиной 300 м. В 1990–1991 гг. на Каспийском море проводили работы по обрезке понтонов МСП после их монтажа на шельфе. Это стало возможным благодаря применению разработанных в ИЭС им. Е. О. Патона средств защиты ихтиофауны от действия гидроударной волны. До этого любые взрывные работы на богатом ценными породами рыб Каспийском море были запрещены.

Все перечисленные работы по резке с помощью УКЗ проводили в основном на нефтепроводах. Применение УКЗ для резки газопроводов сдерживается в основном повышенной пожаровзрывоопасностью этого процесса. Для обеспечения безопасного ис-

Рис. 1. Резка трубы диаметром 1420 мм с помощью УКЗ–22: а — расположение УКЗ–22 по периметру трубы; б — труба, разрезанная на две части



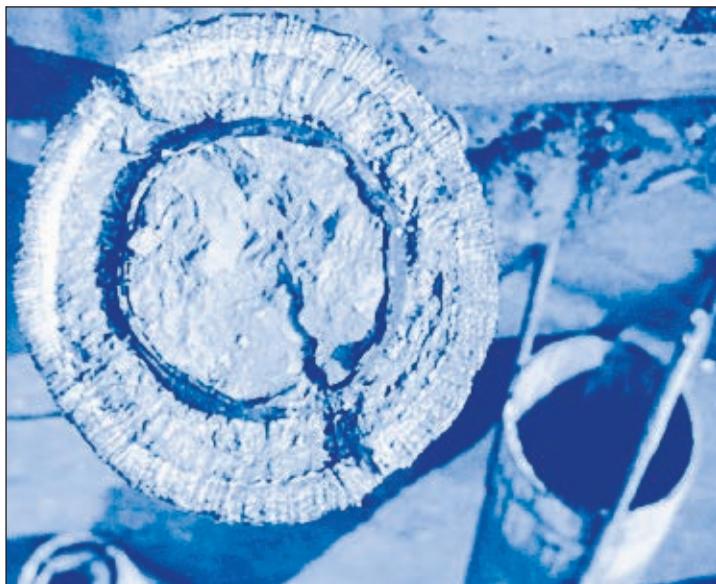
пользования устройств на основе УКЗ при резке на газопроводах разработаны комплексные системы защиты. Применение этих систем позволило в 4–20 раз снизить интенсивность генерируемых воздушных ударных волн, перехватывать осколки и полностью обеспечить пожаровзрывобезопасность процесса резки. В ИЭС им. Е. О. Патона имеются средства контроля воздействия взрыва УКЗ на окружающую среду (импульсный шумомер, датчики давления и векторные датчики ускорения с соответствующими регистраторами, компьютерная программа для расчета зон воздействия взрыва).

Все это делает перспективным применение устройств на основе УКЗ для вырезки «катушек» и отверстий в газопроводах при ремонтно-восстановительных и аварийных работах, а также для подводной резки на объектах нефтегазовой отрасли. Подводная резка с помощью УКЗ особенно актуальна на больших глубинах, когда необходимо существенно сократить время пребывания водолаза-резчика под водой.

В настоящее время разработаны гибкие УКЗ для подводной резки металлоконструкций сложной формы толщиной до 12 мм на глубине до 10 м. Свинцовая оболочка такого УКЗ позволяет размещать заряд «пластично» на поверхности конструкции. Термоусадочная водонепроницаемая трубка надежно изолирует УКЗ от водной среды.

Часто возникает необходимость выполнения различного рода работ по разделке металлоконструкций различного типа в экстремальных ситуациях. Здесь технология резки взрывом становится практически безальтернативной. Однако при этом к ней предъявляют ряд специфических требований, таких как предварительная оптимизация параметров УКЗ применительно к разрезаемой металлоконструкции, дистанционная доставка и установка УКЗ с помощью манипуляторов (роботов), обеспечение надежного крепления УКЗ на горизонтальных и вертикальных участках металлоконструкции с гарантированным фокусным расстоянием, выполнение дистанционного взрыва с помощью радиосигналов, предотвращение воздействия ударных волн на окружающие объекты и возможного разброса радиоактивной пыли, фрагментов заряда и разделяемой конструкции.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны две конструкции монтажно-транспортного устройства на базе ТрККП для разделки трубчатых металлоконструкций, удовлетворяю-



щие всем перечисленным требованиям. Первая конструкция под названием «клетки» предназначена для разделки труб диаметром 89–220 мм, вторая под названием «скоба» используется для резки труб диаметром 820–1440 мм. Если трубы имеют диаметр промежуточного размера, то можно применять как первое, так и второе устройство в зависимости от конкретных условий выполнения работ.

При использовании устройства типа «клетки» (рис. 3) УКЗ вместе с монтажным приспособлением доставляют на исходную позицию и присоединяют к манипулятору. При этом полукольца УКЗ находятся в разведенном состоянии. Манипулятор доставляет устройство к месту работы, подводит УКЗ к месту реза таким образом, чтобы ось трубы и плоскость УКЗ были взаимно перпендикулярны, и посредством поступательного движения устанавливает УКЗ на трубу и закрепляет специальным замком и фиксаторами, имеющими на конце эластичный элемент, обеспечивающий удержание УКЗ в любом положении. После отхода манипулятора в безопасное место выполняют подрыв УКЗ. Затем при помощи манипулятора осматривают место взрывных работ. При необходимости взрывные работы можно повторить. Особенность выполнения монтажных работ при использовании устройства типа «скоба» состоит в том, что для установки УКЗ требуется два манипулятора, а отсоединение монтажного приспособления от УКЗ происходит путем радиального передвижения манипуляторов от центра трубы. Остальные операции аналогичны описанным. Для обеспечения безопасности

Рис. 2. Поперечное сечение двухслойной сваи (диаметром 329 и 219 мм) морской стационарной платформы, разрезанной с помощью УКЗ-41

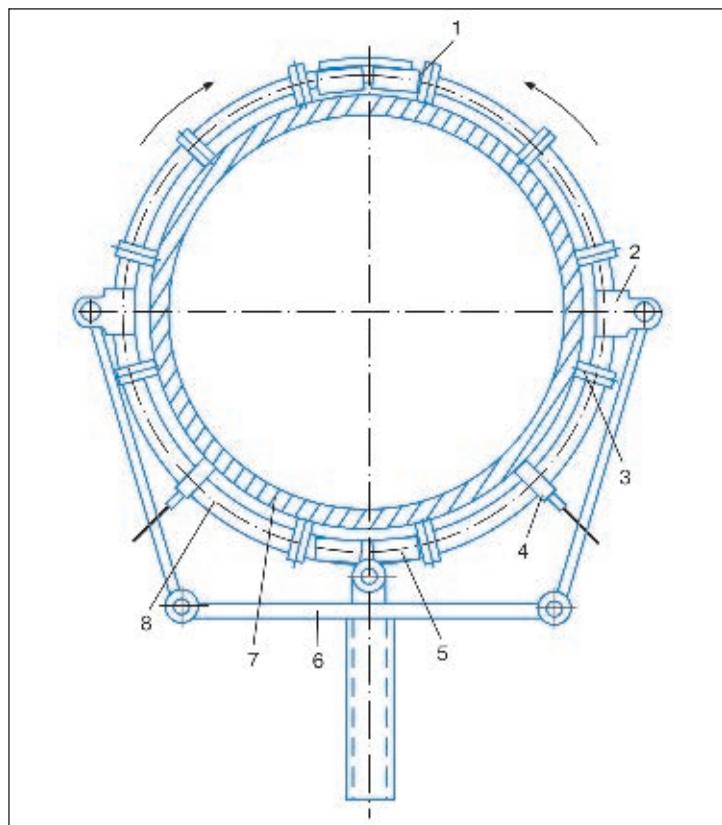


Рис. 3. Устройство на основе УКЗ типа «клещи» для резки труб: 1 — соединитель колец УКЗ; 2 — шарнир; 3 — бобышка для установки фокусного расстояния; 4 — то же с гнездом для электродетонатора; 5 — шарнирный замок; 6 — устройство для сочленения и фиксации полуколец УКЗ; 7 — разрезаемая труба; 8 — полукольцо УКЗ

окружающих объектов от побочного действия взрыва и пылеподавления используют разработанные в ИЭС методы защиты от ударных волн двухфазными газосодержащими средами, в частности воздушно-механическими пенами. Воздушно-механическая пена генерируется портативным пеногенератором, доставляемым к месту работы с помощью манипулятора. Пенная защита дает десятикратное снижение параметров ударных волн и пылеподавления.

Аналог устройства типа «клещи» в 1986 г. применяли при резке взрывом пожарных трубопроводов диаметром 108 мм на крыше 3-го энергоблока при ликвидации аварии на ЧАЭС. Уровень радиации при этом достигал 150 Р/ч.

Проблема утилизации техники, сооружений и металлоконструкций в зоне отчуждения связана, прежде всего, с необходимостью обеспечения безопасности проводимых работ как для технического персонала, так и для окружающей среды.

С целью обеспечения безопасных условий применения энергии взрыва для утилизации металлических радиоактивных отхо-

дов (РАО) были разработаны комбинированные методы гашения ударных волн газосодержащими средами с пассивной пенной защитой и активной защитой, располагаемой непосредственно на заряде. Они обеспечивают не только гашения ударных волн, но и полный перехват осколков оболочки УКЗ, а также практически полное пылеподавление, что имеет принципиальное значение при ведении работ по реабилитации радиационно-загрязненных территорий.

В ходе исследований определены основные побочные факторы, представляющие экологическую опасность при ведении взрывных работ и определены критерии безопасности их воздействия на конструкции и человека. Разработаны алгоритмы прогнозирования действия побочных факторов взрыва (ударных волн, осколков, переноса радиоактивной пыли) и на их основе созданы прикладные программы для оценки последствий воздействия побочных факторов взрыва на окружающую среду и персонал. Комплексное исследование вторичного ветрового переноса поднимаемой взрывами радиоактивной пыли показало, что при тротиловом эквиваленте взрыва до 1 кг на расстоянии свыше 10 м от места взрыва используемые взрывные технологии являются радиоэкологически безопасными.

Для использования импульсных технологий при переработке металлических РАО, реабилитации радиационнозагрязненных территорий, утилизации техники, демонтаже отслуживших свой срок атомных электростанций созданы модули, обеспечивающие локальный мониторинг и информационную поддержку, осуществляющие прогнозирование и контроль воздействия на окружающую среду импульсных технических средств. Главными преимуществами взрывных технологий по сравнению с существующими технологиями демонтажа крупногабаритных конструкций являются ее относительно невысокая стоимость, простота и быстрота выполняемых технологических операций, использование конверсионных взрывчатых материалов.

Технологический процесс разделения конструкций (металлических, железобетонных) включает комбинацию следующих операций:

- резку профилированными зарядами;
- разделение контактными (накладными) зарядами;
- разделение объемными зарядами;
- разрушение шпуровыми зарядами.

При резке профилированными зарядами, к которым относят различные виды удлиненных и осесимметричных зарядов, их располагают на определенном (фокусном) расстоянии от поверхности разрезаемой конструкции, на котором заряд производит рез максимальной глубины.

Разделение накладными зарядами осуществляют бризантными взрывчатыми веществами (например, тротилом), которые размещают непосредственно на поверхности по концентраторам напряжений (например, сварным швам).

Разделение объемными зарядами происходит при подрыве заряда взрывчатого вещества с большим газовыделением (например, аммонитом) в относительно закрытом конструкционном объеме.

Для разрушения бетона шпуровым зарядом (например, смесь тротила с аммонитом) его помещают в шпур.

Хотя резка кумулятивными зарядами весьма эффективна, ее применение ограничено из-за высокой стоимости зарядов. Для снижения затрат на утилизацию применяли упрощенные УКЗ (УУКЗ), которые изготавливали непосредственно на ликвидационной площадке. Типичный УУКЗ — стальной уголок с симметрично размещенными на нем тротилowymi шашками. Использовали конверсионные тротилковые шашки массой 200 и 400 г. Однако основной вклад в снижение затрат дало широкое использование накладных, объемных и шпуровых зарядов из недорогих конверсионных взрывчатых веществ. Кроме этого, использование таких зарядов позволило обойтись без такого трудоемкого элемента технологии, как установка заряда на фокусном расстоянии от разделяемой преграды.

Описанные технологии применяли для ликвидации некоторых объектов военного назначения. Так, объектами утилизируемой бронированной техники были танки Т-55, Т-64 и самоходные установки разминирования, выполненные на базе боевой машины пехоты (БМП). Танки и БМП представляют собой цельнометаллические сварные коробчатые конструкции на гусеничном ходу. Толщина металла в конструкции установки разминирования 10–20 мм. Толщина металлических конструкций в танках изменяется от 20 (днище танка) до 200 мм (лобовая броня).

При демонтаже в качестве взрывчатого вещества использовали материалы из боеприпасов, подлежащих уничтожению (тротил, кумулятивные гранаты и др.).

Технология демонтажа состояла из двух этапов — подготовительного и основного. На подготовительном этапе с помощью накладных зарядов из тротилковых шашек отделяли наружные элементы: люки, брызговые щитки, опорные катки, крепежные и другие элементы. На основном этапе, включающем разделку корпусов танка и БМП, башни танка, использовали комбинированный эффект воздействия на конструкцию накладных и объемных зарядов. При этом конструкцию разделяли по сварным швам, после чего крупногабаритные элементы конструкций с помощью последовательного применения УУКЗ и накладных зарядов разделяли до размеров, принятых на предприятиях Вторчермета.

В соответствии с Договором о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений (СНВ) одним из главных объектов ликвидации являлись ШПУ. ШПУ представляет собой высокозащитное фортификационное сооружение, состоящее из аппаратного отсека (АО), защитного устройства (ЗУ) и стакана. ЗУ и АО — это объемные металлические сварные конструкции, имеющие секционно-ячеистое строение. Толщина металлических листов, из которых они изготовлены, составляет до 40 мм. Полости секций заполнены бетоном и парафином. Стакан — сварная конструкция из армометаллических блоков. По Договору необходимо было полностью демонтировать часть ШПУ до отметки 6 м.

При демонтаже ШПУ были использованы все элементы операций взрывной технологии. Основной объем взрывчатых материалов составляли конверсионные боеприпасы: тротилковые шашки, электродетонаторы, кумулятивные мины и гранаты и другие материалы. Об эффективности технологии взрывного демонтажа ШПУ красноречиво говорят следующие факты. Менее чем за четыре месяца было ликвидировано более десятка ШПУ. При этом бригаде взрывников из пяти человек потребовалось около 20 дней на ликвидацию одной шахты.

Метод резки взрывом и разработанные технические средства локализации действия взрыва продолжают совершенствоваться. Новые разработки в этой области, связанные с использованием комбинированных источников энергии и новыми средствами локализации побочного действия взрыва, позволят повысить эффективность резки в несколько раз и значительно уменьшить побочное действие взрыва на окружающую среду. ● #632

Ремонт технологического оборудования компаундами на основе синтетических смол и высокодисперсных наполнителей

С. В. Малюгин, М. М. Смирнов, Н. В. Давыдкин, А. С. Малюгин, ФГУП ММП «САЛЮТ» РАКА (Москва)

В настоящее время на предприятиях машиностроительной отрасли накопилось большое количество изношенного станочного оборудования, нуждающегося в капитальном ремонте. Это — металлообрабатывающие станки, специальная оснастка и приспособления, гидравлическое и пневматическое оборудование, насосы и трубопроводы и др.

Ремонтные подразделения предприятий получили возможность практически полностью восстанавливать изношенные детали и узлы оборудования в кратчайшие сроки, без использования сложного оборудования и трудоемких технологических процессов. Эти работы осуществляют с помощью полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые часто называют ремонтными компаундами или холодными сварками.

Как известно, композиционные материалы сочетают в себе все свойства входящих в

них компонентов, за счет чего можно получить практически любой ремонтный материал в определенном диапазоне эксплуатационных и технологических параметров оборудования. На рынке ремонтных ПКМ появилось большое количество продуктов, изготавливаемых отечественными и импортными производителями. Эти материалы предоставляют технологам широкие возможности в выборе вида ремонта оборудования. Преимущества ПКМ: низкая цена, простота и малое время проведения работ, возможность полного восстановления разрушенных деталей, которые сложны в изготовлении или их цена при закупке высока. Однако эти материалы не лишены ряда существенных недостатков. В *табл. 1* приведена сравнительная характеристика отечественных и импортных компаундов.

Таблица 1. Сравнительная характеристика ПКМ

Показатель	Импортные материалы	Отечественные материалы
Прочностные характеристики	Высокие	
Температурная стойкость, °С	До 180–200	До 350
Технологичность и простота при нанесении	Технологичны	Не технологичны (по сравнению с импортными)
Стабильность свойств материалов из различных партий	Постоянные (редко встречаются небольшие отклонения)	Не постоянны (часто встречаются значительные отклонения при входном контроле)
Упаковка и специальные технологические приспособления (инструмент)	В полимерной, плотно закрывающейся таре с комплектом необходимых инструментов	В полимерной, плотно закрывающейся таре
Номенклатура выпускаемых материалов	Компаунды, гелькоуты, эластомеры	В основном компаунды
Тиксотропность в слое толщиной 20 мм	Тиксотропны	Не тиксотропны
Вид инструмента: при обработке в размер с допуском при грубой обработке	Реже с алмазным напылением, обычно эльборное покрытие кромки. Шлифовальные круги Любой слесарный инструмент	
Срок хранения в закрытой таре	Не ограничен для гелькоутов и компаундов, до 1 года для эластомеров	Не ограничен
Минимальная толщина слоя при наращивании тела детали, мм	Минимум 0,5	Минимум 1,2

Таблица 2. Краткая техническая характеристика некоторых материалов «Экстрем»

Показатель	«Экстрем» 1	«Экстрем» 2	«Экстрем» 3	«Экстрем» 4	«Экстрем» 5
Назначение	Ремонт оборудования, эксплуатирующегося при повышенных температурах	Ремонт оборудования, эксплуатирующегося в нормальных условиях	Восстановление трущихся пар с низкими и высокими скоростями скольжения	Восстановление оборудования, эксплуатирующегося в условиях абразивного изнашивания, эрозии и кавитации	Изготовление и ремонт фрикционных, создание кавитационно-стойких гелкоутов
Состав	Клей ТПК–2, жидкое стекло, керамические и металлические порошковые наполнители, КО-пластификаторы, мел, тальк, сажа	Эпоксидная смола, отвердитель аминного типа, керамические и металлические порошковые наполнители, пластификаторы, ускорители, аэросил	Эпоксидная смола, отвердитель аминного типа, порошковая медь, латунь, графит, дисульфид молибдена, ТЭГ–1, ФПР-лак, пластификаторы, ускорители и замедлители, аэросил	Эпоксидная смола, отвердитель аминного типа, корунд различного фракционного состава, порошковые твердосплавные наполнители, пластификаторы, ускорители, аэросил	Эпоксидная смола, отвердитель аминного типа, корунд различного фракционного состава, порошковые твердосплавные наполнители, ДБФ, ТЭГ–1, ускорители и замедлители, аэросил
Плотность, г/см ³	3,7–4,5	2,5–2,7	1,7–2,2	2,7–3,6	2,5–2,8
Состояние	Тиксотропная паста (один компонент)	Тиксотропная паста (база, отвердитель)	Тиксотропная паста, вязкотекучая жидкость (база, отвердитель)	Тиксотропная паста (база, отвердитель)	Тиксотропная паста, вязкотекучая жидкость (база, отвердитель)
Удельный объем, см ³ /кг	270–225	398 – 370	555–454	370–280	398–357
Время полимеризации до обработки при толщине слоя 5 мм и температуре 25 °С, ч	48	2–2,5	2,5–6	2–2,5	2–2,5
«Посудное» время, при температуре 25 °С, мин	180	30–35	35–60	30–35	30–35
Адгезионная прочность на отрыв, средняя, кг/см ² :					
к стали	65	187	160	183	183
к меди	47	129	112	124	118
к алюминию	48	132	117	127	121
к нержавеющей стали	71	195	171	184	177
Прочность, кг/см ² :					
на сжатие	1348	1100	870	1250	1177
на изгиб	473	946	840	1033	989
Твердость по Шору	—	87	85	90	89
Температурная стойкость, °С	700	150	190	197	185
Модуль упругости, кг/см ²	3,1·10 ⁴	6,4·10 ⁴	7,2·10 ⁴	5,9·10 ⁴	6,0·10 ⁴
Ударная прочность, Дж/м:					
без деформации	—	70	78	85	83
при обратимой деформации	—	35	40	49	48
Усадка, %	0, 08	0, 026	0, 020	0, 025	0, 025
Обработка	Эльборным или алмазным инструментом, удовлетворительное качество, шлифовка, обдирка	Обычными резцами, высокое качество	Обычными резцами, высокое качество	Эльборным или алмазным инструментом, высокое качество	Эльборным или алмазным инструментом, высокое качество
Ориентировочный срок службы, ч	До 10 000	До 8 500	До 10 000 (20 000 после повторного шабрения)	25 000	40 000

Многие производители не проводят исследований в области создания однотипных рядовых материалов, с плавно регулируемыми или взаимозаменяемыми свойствами в широких температурных и технологических диапазонах. Зачастую, они предлагают дорогостоящие материалы с узким набором свойств, изменяющихся в малых пределах.

Среди большой гаммы представленных ремонтных компаундов очень трудно выбрать наиболее подходящий, определить технологичность и подобрать режимы обработки, тем более что при ремонте, например, токарных станков 1К62 или 16К20, потребуется три-четыре вида ПКМ (антифрикционные, фрикционные, металлозаменяющие и клеевые).

В промышленных масштабах эту задачу успешно решают на ведущем предприятии авиадвигателестроения военного назначения ФГУП ММП «Салют». Здесь сначала использовали импортные компаунды. Однако их высокая стоимость, непрогнозируемые сроки эксплуатации не позволяли в полном объеме реализовать на предприятии уникальные ремонтные свойства ПКМ. Для увеличения экономической отдачи, снижения времени простоя оборудования в ре-

монте, повышения качества работ специалистами «Салюта» создан ряд собственных композиционных материалов с условным названием «Экстрем».

Приближая при создании ремонтных ПКМ их физико-механические свойства к свойствам материала ремонтируемой детали, были выбраны связующие на органической и неорганической основах, в состав которых ввели мелкодисперсные керамические порошки, металлические порошки-аналоги, технологические и эксплуатационные модификаторы, аэросил. При этом старались получить материалы с различной вязкостью, тиксотропностью, текучестью, высокой адгезией к материалу ремонтируемой детали и с другими требуемыми свойствами по прочности и долговечности. Для каждого вида однотипных деталей были получены свои составы компаундов, разработаны типовые технологические процессы их нанесения, подобраны для этого режимы обработки и оборудование.

В табл. 2 приведена краткая техническая характеристика некоторых материалов «Экстрем», используемых при типовых ремонтных работах. ● #633

Вниманию специалистов!

Издательство «Экотехнология» во II квартале 2006 г. готовит к выпуску книги:

А. А. Кайдалов.

Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов

Изложены современные данные об основах физики и технологий резания конструкционных материалов с применением различных методов термической и дистанционной резки: кислородной, плазменной, лазерной, водоструйной, взрывом, электронно-лучевой, ультразвуковой, солнечно-лучевой, электроэрозионной. Описаны технические требования, принципы построения и характеристики современного отечественного и зарубежного оборудования для всех методов резки. Даны сведения по технике безопасности при каждом методе резки. Освещен опыт промышленного применения всех технологий резки. Рассмотрены области применения термических и дистанционных технологий резки: подводная резка, разделка боеприпасов и резка в медицине. Приведены сведения по некоторым специальным технологиям механической резки: канатной резке, обработке торцов труб и прутков, глубокому фрезерованию для разделки кромок под сварку. Рассчитана на научных и инженерно-технических работников, занятых в области сварочного и заготовительного производства. Может быть полезна преподавателям и студентам вузов.

С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин.

Ручная дуговая сварка. Материалы, оборудование, технология

Изложены классификация процессов сварки, физико-металлургические процессы при ручной дуговой сварке, вопросы свариваемости металлов, рассмотрены типы сварных соединений. Приведена классификация электродов в соответствии с отечественными и зарубежными стандартами, дана характеристика электродов для сварки сталей, цветных металлов, чугуна, для наплавки. Рассмотрены типичные дефекты сварных соединений. Освещены технологии сварки низколегированных и легированных конструкционных сталей, теплоустойчивых, высоколегированных и разнородных сталей, сварки цветных металлов, ремонтной сварки. Уделяется внимание особенностям контроля ведения сварочных работ, основным требованиям по охране труда и противопожарной безопасности при ручной дуговой сварке. Рассчитана на научных и инженерно-технических работников, занятых в области сварочного производства.

Заявки на книги направляйте в редакцию журнала «Сварщик»: тел./ф. +380 44 287 6502; e-mail:welder@welder.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) 495 2616. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Расскажите, пожалуйста, о технологических особенностях дуговой сварки магния и его сплавов.

Д. С. Гаевский (Фастов)

Магниеые сплавы разделяют на две группы: деформируемые и литейные, а по свариваемости при дуговой сварке — на свариваемые и трудносвариваемые (табл. 1). Значительная разница в температуре плавления оксида магния и магния (соответственно 2800 и 680 °С), а также большая плотность MgO, превышающая в два раза плотность металла, обуславливают несплавление кромок основного металла, препятствуют сплавлению металла с присадкой, приводят к попаданию оксидов в сварочную ванну.

Оксидная пленка на поверхности магниевых сплавов не защищает их от дальнейшего окисления. В связи с этим полуфабрикаты из магниевых сплавов покрывают защитной пленкой из солей хромовой кисло-

ты, а также слоем смазки. Расплавленный металл защищают от окисления главным образом с помощью инертных газов. Газовая сварка с применением раскисляющего флюса, сварка угольными или покрытыми электродами не дает достаточно стабильных результатов, поэтому их применяют редко, исключительно для малоответственных изделий.

Сварку магниевых сплавов неплавящимся электродом выполняют на переменном токе, что позволяет получить хорошее формирование швов. Разрушение оксидной пленки происходит в результате катодного распыления, которое проявляется в полупериоды обратной полярности. Обязательным условием получения удовлетворительно сформированного шва является применение подкладок из меди или нержавеющей стали. Как правило, швы выполняют с полным проплавлением кромок для удаления

Таблица 1. Система, химический состав и свариваемость некоторых сплавов магния

Система	Марка сплава	Химический состав, масс. %	Свариваемость (сварка плавлением)			Рекомендуемая марка сварочной проволоки
			без присадки	с присадкой, гр.А	с присадкой, гр.Б	
<i>Термические неупрочняемые</i>						
Mg–Mn	MA1	1,9 Mn	св	св	нс	MA1
	MA8	1,9 Mn; 0,25 Ce	нс	нс	св	MA2–1
Mg–Zn	MA20 (ВМД8)	1,25 Zn; 0,2 Ce; 0,09 Zr	нс	нс	св	MA20–1
Mg–Al–Zn	MA2	3,5 Al; 0,5 Zn; 0,3 Mn	нс	нс	св	MA2–1
	MA2–1	4,4 Al; 1,1 Zn; 0,4 Mn	св	св	нс	MA2–1
Mg–Zn–Cd–La	MA15 (ВМД3)	1,6 Cd; 3,0 Zn; 0,9 La; 0,7 Zr	нс	нс	нс	MA15
Mg–Zn–Cd–Nd	MA19 (ВМД6)	0,6 Cd; 6,2 Zn; 1,7 Nd; 0,7 Zr	нс	нс	нс	MA19
<i>Термические упрочняемые</i>						
Mg–Zn	MA14 (ВМ65–1)	5,5 Zn; 0,6 Zr	нс	нс	нс	MA14
Mg–Nd	MA12	3,0 Nd; 0,6 Zr	св	св	нс	MA12
Mg–Al–Zn	MA5	8,5 Al; 0,5 Zn; 0,3 Mn	св	св	нс	MA5
Mg–Mn–Nd	MA11	3,0 Nd; 2,0 Mn; 0,2 Ni	нс	нс	нс	MA11

Примечание. В таблице приведены следующие обозначения: св — сплав свариваемый; нс — сплав трудносвариваемый; гр. А — проволока по химическому составу идентична основному металлу; гр. Б — проволока по химическому составу не идентична основному металлу.

оксидных пленок из металла шва. Для этой цели служат также канавки в подкладках.

Низкие значения теплоты плавления и удельной теплоемкости магния обуславливают чрезвычайно большую концентрацию теплоты при сварке. Эта особенность наряду с низкой температурой плавления магния способствует локальным перегревам и прожогам металла. Например, для расплавления магния требуется приблизительно на 1/3 теплоты меньше, чем для расплавления равного по объему алюминия. Поэтому сварку магния ведут при более низких значениях силы тока. Магний имеет сравнительно высокий коэффициент линейного расширения. Поэтому сварные изделия из магниевых сплавов подвержены значительным деформациям.

Магниевые сплавы обладают меньшей склонностью к образованию пор в сварных швах, чем алюминиевые. Это связывают со значительно меньшей относительной разницей между растворимостью водорода в жидком и твердом состояниях. Однако и для магниевых сплавов требуется принимать меры, направленные на повышение устойчивости швов против пористости.

При сварке магниевых сплавов часто приходится решать задачу предотвращения образования кристаллизационных трещин в металле шва. Склонность к возникновению кристаллизационных трещин обусловлена возможностью образования легкоплавких эвтектик: Mg–Cu ($T_{пл}=485\text{ }^{\circ}\text{C}$); Mg–Al ($T_{пл}=436\text{ }^{\circ}\text{C}$); Mg–Ni ($T_{пл}=508\text{ }^{\circ}\text{C}$) и др. При сварке магниевых сплавов (напри-

мер, системы Mg–Mn) необходимо учитывать их склонность к росту зерен и избегать в связи с этим чрезмерных перегревов в зоне термического влияния.

При подготовке кромок под сварку их зачищают механическим путем (щеткой, шабером, напильником) или химическим — травлением. Травление целесообразно в условиях серийного производства сварных узлов, исключение составляет сплав МА11. Рекомендуют следующий технологический процесс химической обработки поверхностей деталей под сварку: химическое обезжиривание при температуре 60–90 °С в течение 5–10 мин в водном растворе такого состава: 20–30 г/л тринатрийфосфата $[\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$, 30–50 г/л кальцинированной соды (Na_2CO_3), 20–50 г/л едкого натра (NaOH), 3–5 г/л жидкого стекла; промывка в проточной горячей воде при температуре 50–60 °С в течение 0,5–1 мин; удаление защитного покрытия в ванне состава 200–300 г/л NaOH при температуре 70–80 °С в течение 10–15 мин; промывка в проточной горячей воде при температуре 50–60 °С в течение 0,5–1 мин; промывка в холодной воде; травление при комнатной температуре в течение 0,5–2 мин в ванне следующего состава: 150–200 г/л хромового ангидрида (Cr_2O_3), 25–35 г/л азотнокислого натрия (NaNO_3), 2–3 г/л фтористого кальция (CaF_2); промывка в холодной воде; сушка сжатым воздухом при температуре 60–90 °С. Время от момента расконсервации полуфабрикатов до их сварки не должно превышать 20 суток.

Поверхность сварочной проволоки обрабатывают по приведенной выше технологии или в ванне, содержащей 180 г/л Cr_2O_3 , при температуре 90 °С в течение 5 мин. После травления проволоку необходимо хранить в сухом помещении (срок хранения — не более четырех суток) или в специальной герметичной упаковке. В последнем случае срок хранения может быть значительно увеличен.

Для магниевых сплавов применяют ручную и механизированную сварку вольфрамовым электродом и механизированную сварку трехфазной дугой неплавящимися электродами в среде аргона. Значительно реже используют автоматическую сварку плавящимся электродом.

Сваркой вольфрамовым электродом встык без разделки кромок за один проход могут быть выполнены соединения из листов толщиной 2–6 мм. Сварку производят на переменном токе. В зависимости от тол-

Таблица 2. Механические свойства стыковых соединений из некоторых деформируемых магниевых сплавов толщиной 2–8 мм

Марка сплава	Присадочный металл	Среднее значение предела прочности сварного соединения, МПа	Угол загиба α , град.
МА2–1	МА2–1	260,0	80
МА8	МА8	155,0	80
	МА5	213,9	78
	МЛ7*	220,7	74
МА9	МА9	148,1	60
	МА2–1	174,1	65
МА11	МА11	182,5	45
	МА11	155,0**	45
	Система Mg–Nd–La–Zr (сумма легирующих элементов до 7% масс.)	213,9	50
ВМ65–1	ВМ65–1	157,0	43
	ВМ65–1+РЗМ	209,0	41

* Сплав системы Mg–Al–Zn–Mn–Ca.

** После термической обработки: закалка на воздухе от 490 °С, выдержка в течение 4 ч, старение при 175 °С, выдержка в течение 24 ч.

щины свариваемого металла размеры канавки в подкладке из нержавеющей стали должны быть шириной 6–8 мм, глубиной 0,8–2,0 мм. Сварку магниевых сплавов выполняют с наибольшей возможной скоростью при соответственно увеличенных значениях силы сварочного тока. Это позволяет свести к минимуму тепловое воздействие сварки на металл зоны термического влияния. Длину дуги поддерживают минимальной (1,0–1,5 мм) для эффективного разрушения оксидной пленки за счет катодного распыления и надежной защиты зоны сварки инертным газом. Для металла толщиной более 5 мм необходима разделка кромок. При двусторонней сварке встык во время выполнения первого шва рекомендуют поддув инертного газа с обратной стороны.

При аргонодуговой сварке диаметр d выходного отверстия сопла сварочной горелки выбирают в зависимости от силы сварочного тока $I_{св}$:

$I_{св}, A$	$d, мм$
50	8
100	8–10
200	10
300	14–20
Более 400	20

Сварка магниевых сплавов сопровождается значительным выделением оксидов — дымлением. Черный налет, которым покрываются шов и площадь вокруг шва, легко удаляется при зачистке металлическими щетками. При многослойной сварке необходима тщательная зачистка предшествующего слоя. Для сплавов толщиной более 10–12 мм целесообразно использовать сварку трехфазной дугой.

Так как автоматическая аргонодуговая сварка позволяет получать более стабильное качество сварных соединений, чем ручная, последнюю следует применять лишь в тех случаях, когда затруднено использование средств автоматизации процесса сварки.

Аргонодуговую сварку магниевых сплавов плавящимся электродом целесообразно выполнять при толщине металла более 5–6 мм. Сварку производят от источника постоянного тока на обратной полярности. В зависимости от диаметра проволоки и параметров режима сварки наблюдаются разные типы переноса металла через дуговой промежуток. Для сварки магниевых сплавов больших толщин лучшие результаты получаются на режимах, соответствующих струйному переносу. Листы толщиной до 5 мм рекомендуют сваривать встык за один проход без

разделки кромок, толщиной 10–20 мм — с V-образной разделкой (притупление 2–6 мм, угол раскрытия 50–60°), плиты толщиной более 20 мм — с X-образной разделкой (притупление 2–3 мм, угол раскрытия 60–80°).

Техника сварки плавящимся электродом имеет некоторые особенности. Для обеспечения надежной газовой защиты необходимо, чтобы расстояния от сопла до поверхности изделия и от токоведущего мундштука до края сопла были оптимальными: соответственно 10–15 и 5–10 мм.

Положение электрода оказывает существенное влияние на формирование швов; ось проволоки должна находиться под углом 90° к изделию при сварке стыковых соединений без разделки кромок или с небольшой разделкой кромок. Сварку магниевых сплавов большой толщины с глубокой разделкой целесообразно выполнять наклонными электродами — углом 7–15° вперед к вертикали.

В табл. 2 приведены механические свойства стыковых соединений из некоторых деформируемых магниевых сплавов толщиной 2–8 мм, выполненных аргонодуговой сваркой с присадкой разного состава. ● #634

Вышли из печати

Информационно-статистический сборник

Экономико-статистические данные по сварочному производству. СВЭСТА–2005.

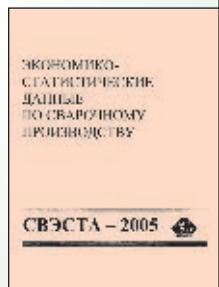
Под редакцией акад. НАНУ Л. М. Лобанова.

Авторы-составители: В. Н. Бернадский, О. К. Маковецкая. Киев: «Экотехнология», 2005. — 87 с.

В очередном сборнике «СВЭСТА–2005» представлена систематизированная экономико-статистическая информация о состоянии и развитии рынка сварочной техники в период 2003–2004 гг. Приведены количественные и стоимостные показатели объемов производства, потребления, экспорта-импорта оборудования и расходных материалов для сварки и родственных технологий в мире, отдельных регионах и ряде стран: Германии, Польше, России, Украине и др. Впервые включены сведения по ведущим странам азиатского региона, в частности, Китаю и Индии. В качестве самостоятельных разделов представлена информация о мировом, региональном и национальных рынках сварочных роботов, а также стали — основного материала сварных конструкций.

Сборник «СВЭСТА–2005» предназначен для руководителей и главных сварщиков предприятий, а также для широкого круга специалистов сварочного производства, занимающихся технико-экономическими исследованиями, организацией производства, коммерческой и внешнеэкономической деятельностью.

Заказы на приобретение сборника направляйте по адресу: 03150 Киев, ул. Антоновича, 62, издательство «Экотехнология». Тел./факс: +380 44 287 6502. E-mail: welder@welder.kiev.ua



Энергосберегающие технологии снижения остаточных напряжений в сварных конструкциях

Г. И. Лащенко, канд. техн. наук, Центр технологий сварочного производства (Киев)

Остаточные сварочные напряжения являются нежелательным сопутствующим фактором при образовании сварного соединения. Они, как правило, оказывают отрицательное влияние на точность, хрупкую прочность, коррозионную стойкость, выносливость при динамических нагрузках и эксплуатационную надежность сварных конструкций. Их негативное влияние на сварную конструкцию не всегда удается минимизировать с помощью досварочных, а также выполняемых в процессе сварки мероприятий. Поэтому во многих случаях прибегают к послесварочной обработке, которая обычно заключается в отпуске сварных конструкций.

В то же время рост цен на энергоносители ставит перед учеными и специалистами задачу минимизации применения энергозатратных технологий, к которым относится и отпуск сварных конструкций. Ниже приведен ряд известных способов, позволяющих снижать энергозатраты на послесварочную обработку металлоконструкций, но пока их использование не является масштабным.

Отпуск. В зависимости от температуры отпуск сталей может быть высоким (500–750 °С), средним (300–450 °С) и низким (90–300 °С). Высокий отпуск позволяет снимать остаточные напряжения, улучшать структуру и свойства шва и зоны термического влияния, снимать наклеп, вызванный пластическим деформированием при сварке и формообразовании заготовок, а также устранять эффект деформационного старения.

Низкий и средний отпуск обычно применяют для сварных узлов из среднелегированных сталей для частичного восстановления свойств сварных соединений при невозможности полной термической обработки.

Отпуск сварных конструкций следует назначать лишь в тех случаях, когда он является необходимым для обеспечения прочности или на основании требований, предъявляемых к точности. При отпуске различают стадии нагрева, выравнивания температуры, выдержки и остывания.

Наибольшее снижение напряжений происходит на стадии нагрева и в первые 1–2 ч выдержки, затем процесс сильно замедляет-

ся. При остывании, вследствие роста модуля упругости, напряжения несколько возрастают.

Основным направлением снижения энергозатрат при общем отпуске является оптимизация режимов термической обработки. Выбирая режимы отпуска, необходимо учитывать требования, предъявляемые к данной сварной конструкции, материал, форму, размеры, жесткость узлов, объем наплавленного металла и др. Следует учитывать и возможные отрицательные последствия отпуска (коробление, возникновение новых полей остаточных напряжений, образование трещин в шве и зоне термического влияния, отпускную хрупкость и др.).

Снижение энергозатрат при общем отпуске достигают за счет уменьшения температуры и продолжительности стадий нагрева, выдержки и охлаждения. Для многих сварных конструкций из низкоуглеродистой и низколегированной сталей температура высокого отпуска не должна превышать 500–550 °С, а в ряде случаев, например, в целях стабилизации геометрических размеров в процессе последующей механической обработки, транспортировки и эксплуатации, может использоваться средний отпуск (300–450 °С).

Время нагрева конструкции в печи практически не влияет на релаксацию напряжений. Поэтому предпочтение следует отдавать форсированному нагреву в пределах, не вызывающих опасность деформирования конструкции на этой стадии.

Возможность деформирования конструкции при отпуске следует учитывать на стадии ее конструктивно-технологического проектирования, когда можно отказаться от резкого перепада сечений, использования элементов с большой разницей по толщине и асимметричного их расположения.

При выдержке напряжения снижаются крайне медленно. Поэтому с точки зрения снижения остаточных напряжений и минимизации энергозатрат стадия выдержки

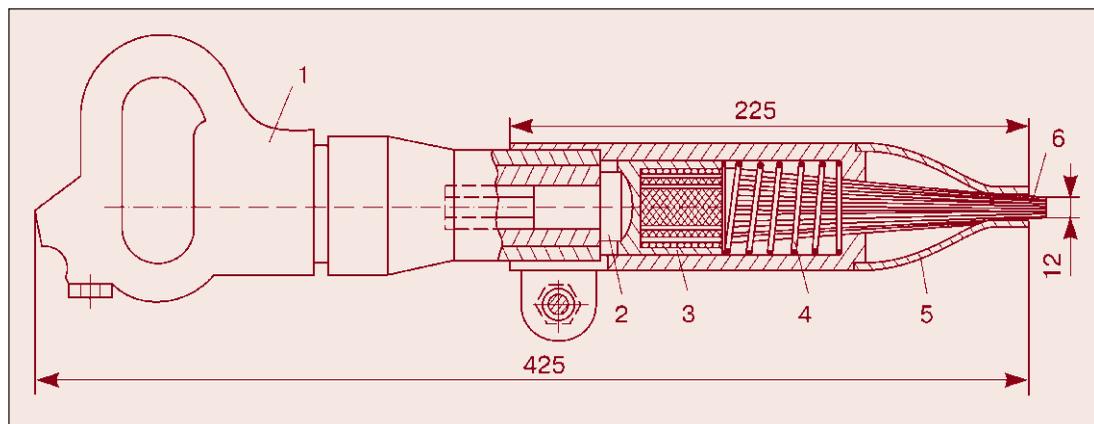


Рис. 1. Схема многобойкового (пучкового) пневматического инструмента: 1 — пневмомолоток; 2 — боек; 3 — стакан; 4 — пружина; 5 — накопчик; 6 — пучок игл

должна быть минимальной. При этом необходимо учитывать влияние длительности выдержки на восстановление ряда свойств сварных конструкций (например, распада закалочных структур), если такая задача решается с помощью отпуска. Скорость охлаждения назначают в зависимости от величины сечений элементов и необходимости восстановления свойств сварных соединений. Чем больше сечение, тем медленнее должно проводиться охлаждение. Поэтому необоснованное увеличение металлоемкости сварных конструкций приводит к росту не только материальных затрат, но и энергетических в случае применения термообработки.

Радикальное снижение энергозатрат возможно при местном отпуске, когда нагреву подвергают только часть конструкции. Такую термообработку обычно применяют для крупногабаритных сварных конструкций.

Местный отпуск имеет специфические особенности, и для конкретной сварной конструкции его применению должен предшествовать тщательный анализ предъявляемых к конструкции требований и условий эксплуатации. Местный отпуск эффективен как средство повышения сопротивляемости конструкций хрупкому разрушению. Значительно реже его используют для уменьшения деформации сварных конструкций при механической обработке.

Проковка. Проковка является одной из разновидностей поверхностного пластического деформирования наплавленного металла и металла зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений с целью изменения их механических свойств, формы и регулирования величины остаточных напряжений. Прокровку можно проводить по горячему металлу сразу после сварки или после его остывания. Во всех случаях уменьшение толщины металла вызывает расширение его в перпендикулярном на-

правлении, что снижает напряжения растяжения в зоне проковки или вызывает напряжение сжатия. Прокровка холодного металла сопровождается его наклепом и поверхностным упрочнением. При этом взамен растягивающих формируются сжимающие напряжения. При применении проковки с целью изменения напряжений особое внимание следует обращать на возможность ухудшения пластических свойств металла от наклепа.

На первых этапах применения проковку проводили посредством чеканки однобойковым инструментом. Однако при использовании обычных однобойковых инструментов в виде пневматического молотка производительность чеканки была низкой. Наиболее приемлемым для соединений с необрабатываемой после сварки поверхностью швов является наклеп многобойковым инструментом. На рис. 1 показана схема одного из многобойковых инструментов, разработанных ЦНИИТМАШем. Многобойковый (пучковый) инструмент состоит из набора игл диаметром 1–3 мм и длиной 100–180 мм и позволяет получать глубину наклепанного слоя сталей средней твердости до 3 мм. Производительность при ручной работе с одним пучковым упрочнителем составляет 6–8 м шва в час. Масса ручного многобойкового инструмента от 2 до 11 кг.

Большим преимуществом многобойковых инструментов по сравнению с однобойковыми является возможность обработки швов с большими неровностями: впадины и выступы хорошо проклепываются. Такая возможность появляется в связи со значительной длиной составляющих пучок игл и разной степенью их продольного изгиба в пучковых инструментах. Обработку многобойковым инструментом выполняют без пропусков до появления металлического блеска всей обрабатываемой поверхности

сварного шва и ЗТВ. Степень наклепа определяется энергией и числом ударов по обрабатываемой площади.

Опыт многолетнего промышленного использования поверхностного наклепа подтвердил его эффективность для повышения сопротивления усталости сварных соединений разнообразных машин и сооружений (сварные крановые и мостовые конструкции, сварные рамы подвижного состава железных дорог, гребные судовые валы с наплавками, детали машин с ремонтными заварками и наплавками).

Менее изучена возможность использования проковки для стабилизации геометрических размеров сварных конструкций после механической обработки при эксплуатации.

Дробеструйный наклеп. Дробеструйный наклеп также относится к способам пластического деформирования. При дробеструйном наклепе происходит преобразование энергии сжатого воздуха в кинетическую энергию металлической дроби. Струя дроби характеризуется скоростью и углом рассеивания. Пространственный угол рассеивания струи дроби из сопла дробеструйного аппарата является постоянной величиной, составляющей 28–30°. Скорость дроби зависит от давления сжатого воздуха и конструкции сопла и может достигать 70 м/с.

Дробеструйный наклеп используют для тех же целей, что и проковку сварных соединений. Дробеструйный наклеп стали позволяет получить глубину наклепанного слоя до 0,5–0,8 мм. Увеличение глубины наклепа возможно за счет повышения давления сжатого воздуха и усовершенствования конструкции дробеструйного аппарата. Преимуществом дробеструйного наклепа по сравнению с проковкой является большая производительность и меньший шум.

Ультразвуковая ударная обработка. Ультразвуковая ударная обработка (УУО)

основана на использовании эффектов акустического упрочнения и разупрочнения, возникающих в металле под воздействием ультразвука. В результате акустического разупрочнения уменьшаются статические напряжения, необходимые для пластической деформации, т. е. под влиянием ультразвуковых колебаний снижается предел текучести металла. Поэтому, воздействуя ультразвуком на зону сварного соединения, можно интенсифицировать пластические деформации и в результате взаимодействия ультразвуковых колебаний с растягивающими остаточными сварочными напряжениями существенно снизить последние.

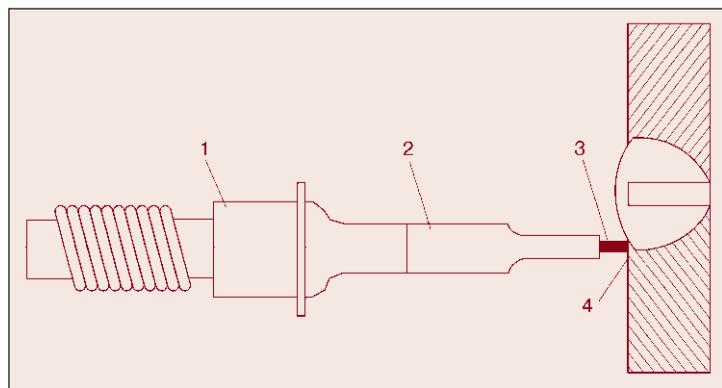
При проявлении эффекта акустического упрочнения, вызванного воздействием ультразвуковых волн достаточно высокой интенсивности, в поверхностных слоях металла возможно образование остаточных напряжений сжатия, что в ряде случаев положительно влияет на эксплуатационные характеристики сварных соединений. Схема УУО показана на рис. 2.

При ультразвуковой ударной обработке обычно используют ручной инструмент со встроенным магнитострикционным преобразователем, питающимся от ультразвукового генератора мощностью до 2 кВт. В качестве рабочего органа используют ударник, состоящий из набора стальных игл диаметром 1,6–1,9 мм. Инструмент перемещают вдоль шва со скоростью около 0,5 м/мин. Масса рабочего инструмента уменьшается с повышением частоты ультразвуковых колебаний. При частоте колебаний 27 кГц масса инструмента составляет 3 кг, а при 44 кГц — 0,5 кг.

Ультразвуковая ударная обработка позволяет существенно (на 50–300%) повысить сопротивление усталости сварных соединений из низкоуглеродистых и высокопрочных сталей. Такое повышение происходит за счет стабилизации радиуса перехода усиления шва к основному металлу, снижения коэффициента концентрации напряжений, уменьшения шероховатости обработанной поверхности, создания в зоне обработки благоприятных сжимающих напряжений.

При УУО в 2–4 раза увеличивается сопротивление коррозионным и в 8–12 раз коррозионно-усталостным повреждениям сварных соединений из различных материалов. УУО способствует повышению размерной стабильности сварных соединений из различных конструкционных материалов.

Рис. 2. Схема ультразвуковой ударной обработки: 1 — магнитострикционный преобразователь; 2 — волновод; 3 — ударник; 4 — упрочняемая поверхность



К достоинствам УУО относят:

- низкие энергетические затраты по сравнению с местной термической обработкой и возможность замены последней;
- высокую эффективность при сравнительно небольших затратах;
- возможность выполнения ремонтных работ в условиях эксплуатации сварных изделий;
- мобильность, экологическую чистоту и производственную безопасность.

К недостаткам УУО следует отнести невозможность ее использования в зонах, недоступных для обрабатывающего инструмента.

Основными областями применения УУО является изготовление и ремонт сварных конструкций различного назначения: мосты, краны, телевизионные башни, магистральные трубопроводы, буровые платформы, корпуса судов, детали машин и механизмов.

Вибрационная обработка. Вибрационную обработку осуществляют посредством возбуждения в сварной конструкции низкочастотных механических колебаний. При виброн нагружении суммируют переменные нагружения σ_A с остаточными напряжениями σ_0 в металлоконструкции (рис. 3). Под действием суммарных напряжений σ_x может происходить пластическая деформация, способствующая стабилизации геометрических размеров, перераспределению и снижению остаточных напряжений.

Наиболее распространенная схема виброобработки предусматривает установку сварной конструкции на виброизолирующих опорах и крепление к ней вибровозбудителя с регулируемой частотой и амплитудой колебаний. Плавным изменением частоты колебаний от минимальной до максимальной регистрируют резонансные частоты системы «сварная конструкция—оснастка-вибровозбудитель». Затем производят виброобработку на выбранных резонансных частотах.

Современные виброустановки (рис. 4) являются мобильными системами, позволяющими выполнять виброобработку сварных конструкций массой до 10 т и более. Энергетические затраты при виброобработке примерно в 50 раз ниже, чем при общем отпуске, а производительность более чем в 20 раз выше.

Многолетний опыт применения виброобработки подтверждает ее эффективность для стабилизации геометрических размеров

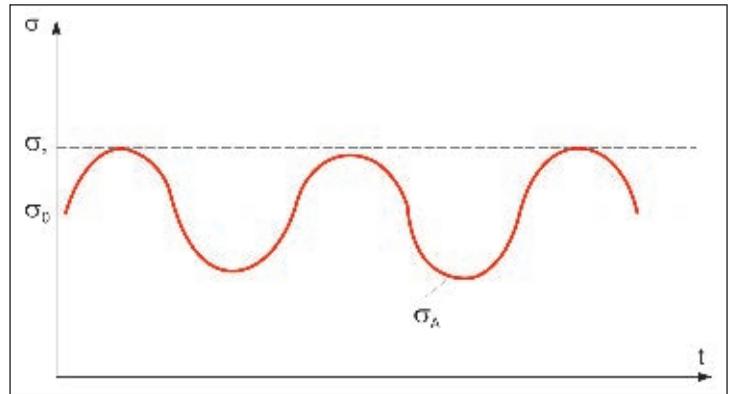


Рис. 3. Схема суммирования остаточных и вибрационных напряжений в металлоконструкции



Рис. 4. Общий вид вибровибрационной установки

сварных балок, рам, станин и других стальных сварных конструкций (см. *Лащенко Г. И. Вибрационная обработка сварных конструкций.* — К.: ЭкоТехнология, 2001. — 56 с.). Виброобработка металлоконструкций из низкоуглеродистой стали на режимах, обеспечивающих протекание упругопластических деформаций, уменьшает напряжения первого рода до 50–60%, а второго — до 45%.

Вибрационной обработке подвергают сварные конструкции не только из углеродистых сталей, но и из алюминиевых и титановых сплавов. Распространена виброобработка чугунных и стальных отливок. Малая энергоёмкость систем виброобработки, относительно низкая стоимость технологического оборудования и простота его обслуживания позволяют эффективно применять вибростабилизацию не только на крупных, но на мелких и средних предприятиях (это же относится и к проковке и ударной ультразвуковой обработке).

Преимуществами виброобработки являются возможность обработки труднодоступных сварных соединений, а также высокая производительность.

● #635

Высокотемпературные припои, полученные методом механического легирования

Ю. А. Абузин, Б. Н. Бабич, кандидаты техн. наук, С. Я. Власенко, И. Ю. Ефимочкин, В. С. Рыльников, канд. техн. наук, ФГУП «ВИАМ» (Москва)

Высокотемпературные жаропрочные порошковые припои широко применяют для пайки ответственных узлов ГТД.

Для изготовления порошковых припоев используют различные способы получения частиц: распыление жидкого металла струей газа либо центробежное распыление, использование смесей порошков или лигатур, получение порошков из оксидов методом гидридно-кальциевого восстановления, дробление различных полуфабрикатов, в том числе охрупченных аморфных лент. Каждый из этих способов обеспечивает определенные свойства частиц порошков и может быть использован в зависимости от марки припоя и технологии его применения. Для пайки жаропрочными припоями на никелевой основе необходимо, чтобы размеры частиц порошка были в пределах 50–100 мкм и в процессе нагрева при пайке каждая частица порошка имела бы одинаковую температуру плавления. При этом расплавившийся материал частицы находится как бы в чехле из оксидной пленки. Малые размеры такой расплавившейся частицы мешают прорвать этот чехол. Поэтому частицы окисленного припоя вместо того, чтобы заполнить соединительный зазор под действием капиллярных сил, остаются в месте укладки припоя, и пайка не происходит. Наилучшей технологичностью среди порошков жаропрочных никелевых припоев обладают порошки вакуумной плавки, рас-

пыленные в вакууме струей аргона. При пайке частицы такого порошка одновременно расплавляются при одинаковой температуре и, сливаясь в единый объем, заполняют зазоры в соединениях. В России нет установок для распыления в вакууме с небольшой емкостью тигля, поэтому распыление аргоном в вакууме предусматривает выплавку припоя с минимальным объемом плавки, как правило, более 150 кг. При годовом расходе припоя, исчисляемом несколькими килограммами, заказ партии распыленного припоя для многих предприятий становится экономически неоправданным. Кроме того, при таком способе изготовления существуют проблемы воспроизведения точного химического состава: трудности введения в сплав летучих и тугоплавких компонентов.

В качестве альтернативного для получения припоев ФГУП «ВИАМ» был предложен и опробован известный метод механического легирования, позволяющий получать сложнолегированные сплавы без ограничений по составу и при этом изготавливать их малыми партиями (от 1–2 кг) без больших экономических проблем.

Процесс вели в атриторе ВИАМ 2152 по методике, принятой для изготовления никелевых сплавов. Оптимальным временем обработки в атриторе оказалось 20 ч.

В *таблице* приведены химические составы некоторых опытных припоев на никелевой основе и средний размер частиц жаро-

Таблица. Химический состав жаропрочных припоев, изготовленных механическим легированием

Марка припоя	Содержание элементов, мас. %*										Средний размер частиц, мкм
	Ni	Cr	Al	W	Co	Ti	B	C	O ₂	N ₂	
Припой 1	Осн.	8/7,8	4/4,2	1/1,0	10/10,0	2/1,9	1,7/1,6	0,15/0,14	0,28	0,009	150
Припой 2	Осн.	8,5/8,2	2/2,2	9,5/9,5	9,5/9,6	—	2,8/2,84	0,1/0,12	0,3	0,01	80
Припой 3	Осн.	8,5/8,5	—	6/6,1	14/13,8	—	1,2/1,2	—	0,3	0,009	100
Припой 4	Осн.	13/13,2	9/9,2	1,3/1,4	9/9,1	—	1/1,02	—	0,2	0,01	150
Припой 5	Осн.	19/19,2	—	—	9/9,1	—	1,3/1,4	—	0,2	0,008	100

*В числителе — состав шихты, в знаменателе — данные химического анализа.

прочных припоев, изготовленных методом механического легирования. Из данных таблицы видно, что химический состав припоев не отличается существенно от шихтового и находится в рамках ТУ. Но обращает на себя внимание достаточно высокое содержание кислорода в механически легированных порошках, связанное, в основном, с окисленностью шихтовых материалов. Однако кислород в механически легированных порошках, в отличие от распыленных, распределен по объему, что подтверждают спектроскопические исследования. Порошок припоя, полученный механическим легированием, содержит кислорода почти на два порядка больше, нежели аналогичного состава гранулы, обычно используемые при пайке. Исследование распределения кислорода в частицах порошка проводили на спектрометре ESCALAB. Рассматривали механически легированные порошки припоя ВПр44 и гранулы припоя ВПр 44, полученные расплавлением жидкого металла. Кривые, характеризующие содержание кислорода в поверхностном слое толщиной 200 ангстрем, приведены на *рис. 1*.

Таким образом, в поверхностном 100-ангстромном слое гранул содержится практически весь кислород, в то время как в механически легированных порошках кислород весь сосредоточен в объеме частицы, а в поверхностном слое его почти в два раза меньше, чем в гранулах того же химического состава. Именно этим эффектом и объясняется, что несмотря на высокое содержание кислорода в частицах порошка, изготовленных методом механического легирования, способность частиц порошка, расплавляясь, сливаться в общий расплав припоя. При расплавлении частицы припоя, изготовленного механическим легированием, на поверхности частицы не образуется чехол оксидов. Кислород содержится в этих частицах, очевидно, в виде очень мелких оксидов. При пайке механически легированным припоем обнаружилась своеобразная особенность: на застывшем припое в районе шва появляется небольшой налет типа пыли, который легко сдувается. Надо полагать, что это — отшлаковавшиеся при плавлении припоя оксиды, которые сформировались в процессе механического легирования в частицах порошка в результате взаимодействия активных порошков исходных компонентов (алюминия, хрома) и избыточного кислорода.

Следует отметить, что эти оксиды припоем не смачиваются. Если при нагреве навес-

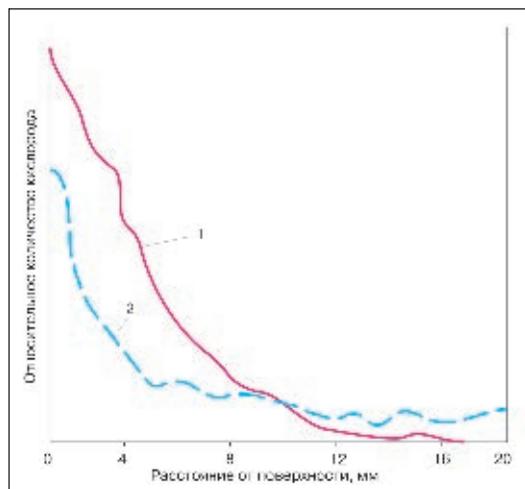


Рис. 1. Профиль распределения кислорода в частице припоя ВПр 44, полученного распылением (1) и механическим легированием (2)

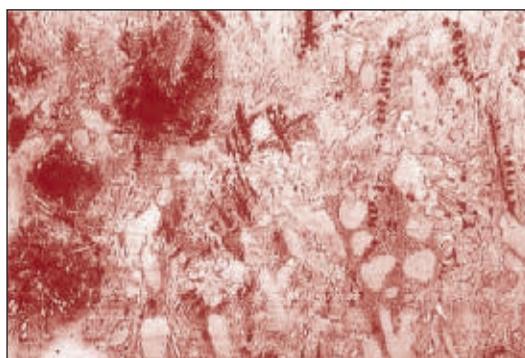


Рис. 2. Металлографический анализ паяных пробов

ки такого припоя после его расплавления отшлаковавшиеся оксиды могут всплыть на поверхность расплава припоя, тогда они не мешают припою заполнять зазоры под действием капиллярных сил. Если по каким-либо причинам затруднена отшлаковка оксидов, то они остаются внутри припоя и, поскольку не смачиваются им, способствуют образованию пористости в соединении. Это может быть, например, при размещении припоя в зазоре или при использовании припоя в смеси с наполнителем.

Полученными порошками припоя ВПр44 паяли в вакуумной печи по режиму: температура 1260–1280 °С, время выдержки 30 мин. Металлографический анализ показал, что в паяных пробах наблюдается пористость (*рис. 2*).

Метод механического легирования оказался незаменимым для изготовления ремонтных композиций, используемых для заделки знаковых отверстий и мелких дефектов литья. Композиции с широким интервалом плавления невозможно выплавить традиционными методами. Кроме того, обычно используют смесь гранул и припоя, при подаче которой через дозатор невозможно стабильно поддерживать пропорцию припоя и наполнителя, что приводит к

Рис. 3. Плакированные порошки композиции 60% ЖС6У – 40% ВПр24: а — исходные; б — после 20-часовой атриторной обработки

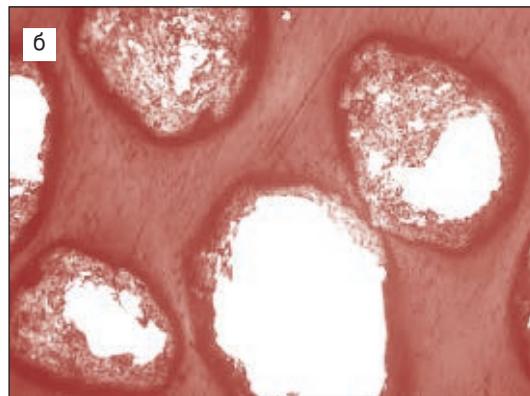
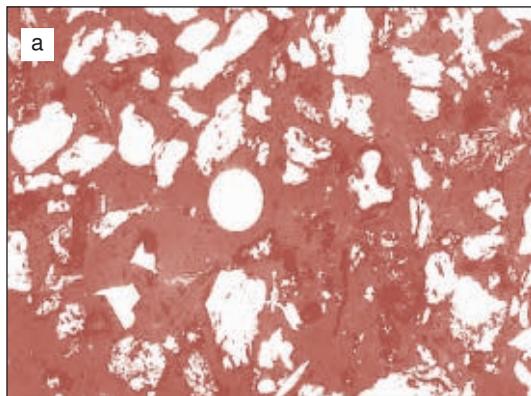
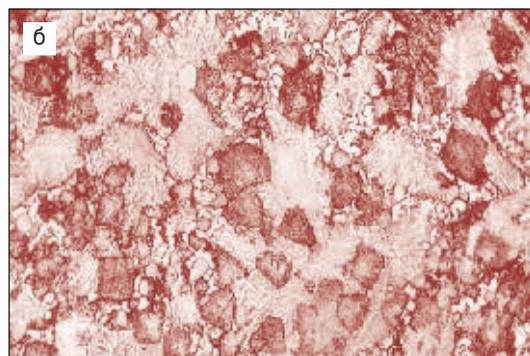
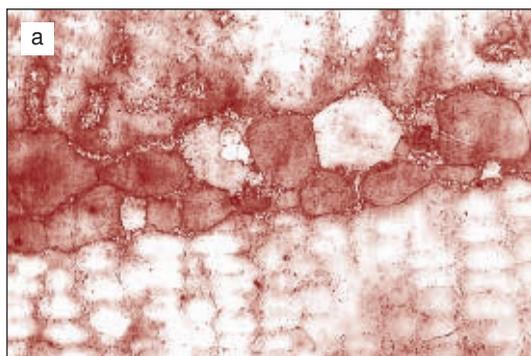


Рис. 4. Пайка механически легированным рафинированным припоем $\times 250$: а — шов при пайке припоем ВПр50; б — пайка знаковых отверстий композицией 60% ЖС6У – 40% ВПр24



неравномерности распределения припоя и соответственно пористости.

Композиции изготавливали нанесением припоя в процессе атриторной обработки на заранее изготовленные (либо распыленные, либо из механически легированных порошков) гранулы наполнителя. Содержание припоя в композициях составляло 30–70%.

Металлографические исследования механически легированных композиций показали, что в процессе обработки происходит «сплавление» — покрытие гранул порошком припоя, сопровождающееся деформацией гранул. На *рис. 3* показаны плакированные порошки композиции 60% ЖС6У – 40% ВПр24.

При пайке отверстий композициями, изготовленными механическим легированием, обнаружен тот же дефект: наличие налета отшлаковавшихся оксидов.

Для снижения газосодержания в порошковых припоях и композициях, изготовленных методом механического легирования, в ВНИИТС был опробован процесс рафинирования путем оплавления частиц порошка при пропускании их через горячую зону с температурой нагрева 1500–1600 °С в вертикальной трубчатой печи в атмосфере водорода. В зоне нагрева частицы порошка расплавляются, находясь во взвешенном состоянии, и под действием сил поверхностного натяжения приобретают сферическую

форму, что приводит к увеличению сыпучести в несколько раз. Химический состав материала после рафинирования остается в пределах ТУ. И хотя общее содержание кислорода в порошке (согласно результатам газового анализа) изменяется незначительно, скорее всего на рафинированных частицах формируется свободный от оксидов поверхностный слой.

Этот эффект подтверждают металлографические исследования. На *рис. 4* показана пайка рафинированным механически легированным припоем ВПр50 и рафинированным механически легированным порошком композиции 60% ЖС6У – 40% ВПр24. Эффективность рафинирования очевидна: уменьшение налета оксидов и беспористый шов.

Все припои и композиции для заделки дефектов литья, изготовленные механическим легированием с последующим рафинированием, были опробованы на ряде изделий для пайки деталей из жаропрочных никелевых сплавов и интерметаллидных сплавов на основе Ni–Al и показали свою эффективность.

Таким образом, метод изготовления жаропрочных порошковых припоев механическим легированием вполне приемлем прежде всего для тех условий использования порошка при пайке, при которых особенности изготовления порошка не влияют на качество паяных соединений.

● #636

Механизированная сварка фурм кислородного дутья

До последнего времени на ОАО «Днепроспецсталь» сварку фурм выполняли вручную методом ТИГ в среде аргона с подачей присадочной проволоки в виде штучных прутков диаметром 2,5–3,0 мм. Такая технология требовала от высококвалифицированного сварщика определенных навыков для правильного выбора режимов и техники сварки трех кольцевых швов, выполняемых с различными условиями отвода теплоты.

Сварная конструкция фурмы кислородного дутья представляет собой массивную медную головку, к которой поочередно приваривают три соосно расположенные стальные трубы диаметром 42, 83 и 120 мм (рис. 1).

По заказу ОАО «Днепроспецсталь» фирмой «НАВКО-ТЕХ» поставлен и запущен в производство комплект сварочной аппаратуры, который позволяет частично механизировать процесс сварки фурм.

В комплект входят:

- сварочный вращатель МВР2 (рис. 2) с приспособлением для сборки и фиксации свариваемого изделия;
- аппаратура УП4 прецизионной подачи присадочной проволоки (см. «Сварщик». — 2005. — № 2, с. 41);
- устройство УО4 автономного, замкнутого, жидкостного охлаждения горелки;
- ручная сварочная горелка с жидкостным охлаждением производства фирмы «Бинцель», доработанная для сварки с подачей присадочной проволоки (рис. 3).

По мнению разработчиков, был выбран наиболее рациональный для данной задачи уровень автоматизации сварочных операций, когда наведение сварочной горелки на линию соединения и визуальный контроль за процессом сварки выполнял сварщик, а вращение свариваемых деталей и подача присадочной проволоки (типа МНЖКТ 5–1–0,2–0,2, диаметром 1,6 мм) осуществлялись механизированно.

Следует отметить, что первоначальное исполнение сварочной горелки с закрепленным на ней каналом для подачи проволоки было неудобным для сварщика, привыкшего в правой руке держать сварочную горелку, а в левой — присадочный пруток. Поэтому для обеспечения привычных условий работы направляющий канал был отсоединен от горелки и удерживался сварщиком в левой руке.

Применение данного оборудования позволило повысить производительность сварки, существенно улучшить условия труда сварщика и качество сварных швов.

● #637

ОАО «Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» им. А. Н. Кузьмина» (Запорожье), ООО «НАВКО-ТЕХ» (Киев)

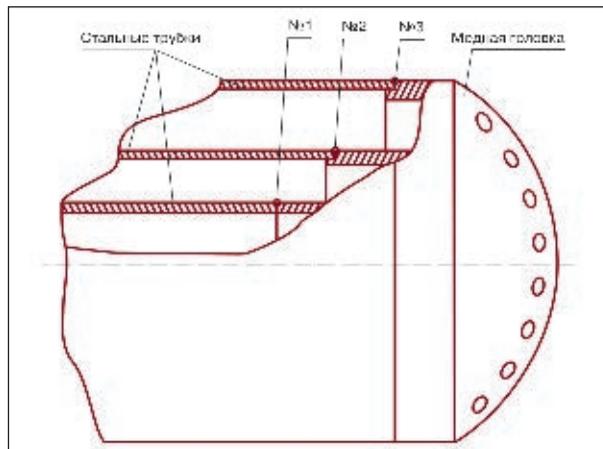


Рис. 1. Сварная конструкция фурмы кислородного дутья



Рис. 2. Сварочный вращатель МВР2



Рис. 3. Ручная сварочная горелка с жидкостным охлаждением

Композиционные порошковые покрытия специального назначения

Э. В. Зверев, ООО ИТЦ «Лакор» (Киров), С. А. Воронцов, ООО «Заводское» (Воткинск, Удмуртская республика), Э. Е. Тукбаев, Э. Р. Галимов, КГТУ им. А. Н. Туполева (Казань)

Среди большого разнообразия технологий нанесения покрытий особое место по перспективности занимают технологии нанесения покрытий на основе полимерных порошковых композиций (ППК), которые представляют технико-экономическую альтернативу покрытиям на основе жидких лакокрасочных материалов.

Использование ППК позволяет получать высококачественные покрытия практически любой толщины, увеличить срок службы изделий, повысить производительность труда, уровень механизации и автоматизации, существенно сократить технологический цикл нанесения и формирования покрытий, снизить потери материалов и исключить загрязнение окружающей среды.

В данной работе приведены результаты исследований по использованию традици-

онного (электростатического) и принципиально нового (электростатико-термогазодинамического) способов нанесения порошковых покрытий специального назначения на поверхности любых металлических и неметаллических материалов, а также по разработке комплекса специализированного оборудования для реализации технологических процессов.

Разработанный электростатико-термогазодинамический способ по сущности наиболее близок к газопламенному напылению с одновременным наложением электростатического поля высокого напряжения. Он отличается от газопламенного «мягкостью» нагрева ППК, исключает протекание нежелательных физико-химических превращений (термодеструкции, структурирования и т. д.).

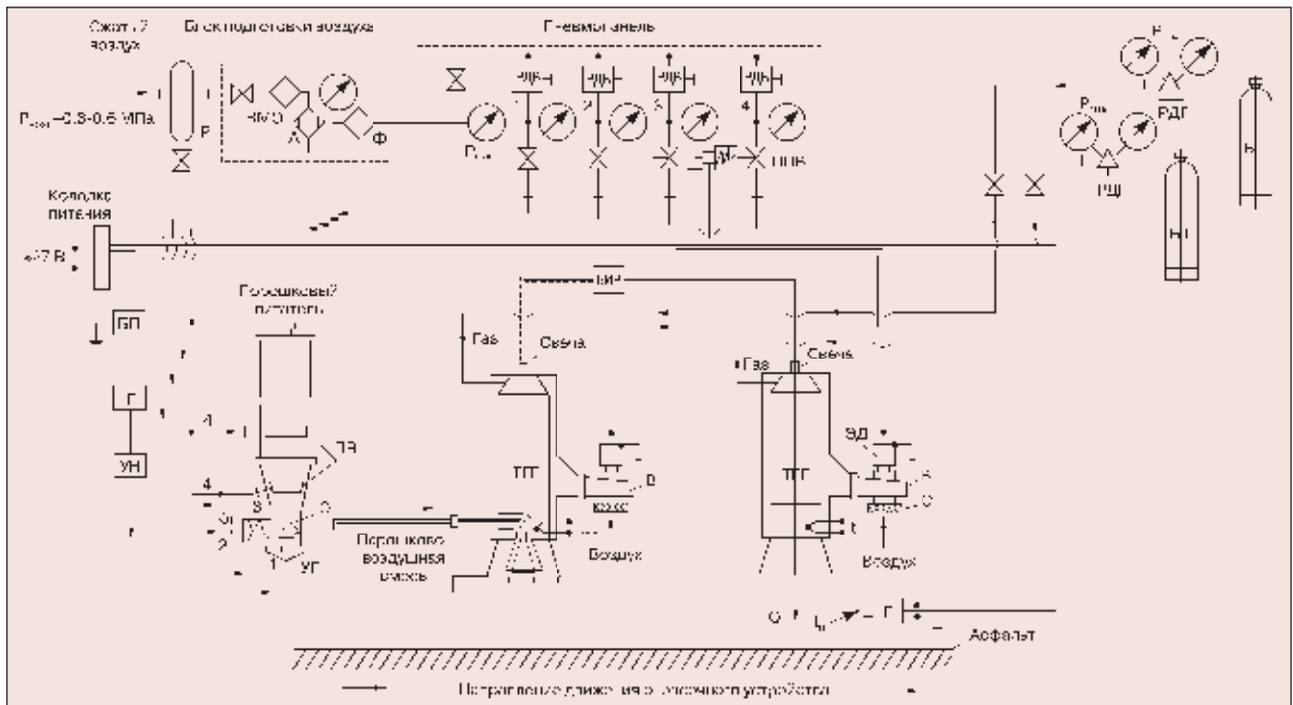


Рис. 1. Принципиальная схема мобильного устройства для нанесения ППК на поверхность асфальта электростатико-термогазодинамическим способом: Р — ресивер; ВМО — водомаслоотделитель; РДВ — воздушный редуктор давления; РДГ — газовый редуктор давления; БГ — газовый баллон; А — адсорбер; Ф — фильтр; ТГГ — термогазогенератор; БИР — блок искрового прожига; В — вентилятор; ЭД — электродвигатель; С — сетка; П — пирометр; БП — блок питания; Г — генератор; УН — умножитель напряжения; Кл — клапан; Э — эжектор; УП — узел псевдооживления; ПВ — пневмовибраторы; ППВ — привод пневмовибраторов; $t_{г,г}$ — температура греющего газа (продуктов сгорания ТГГ); t_n — температура поверхности асфальта

Комплекс специализированного оборудования для нанесения ППК электростатико-термогазодинамическим способом состоит из порошкового питателя с пневматической панелью управления, блока подготовки воздуха, компрессора подачи сжатого воздуха, системы подачи газа с контрольно-регулирующей аппаратурой, двух термогенераторов с оптическими измерителями температуры (оптические пирометры), размещенных на передвигаемой тележке с автономным приводом.

Термогенераторы установлены на каретке, позволяющей регулировать высоту от сопла распылителя до поверхности изделия и межсоевое расстояние, при этом параметры настраивают таким образом, чтобы их оптическая ось проходила через центр предполагаемого отпечатка факела.

В отличие от стационарного оборудования, где процесс формирования покрытий на поверхности изделий происходит в интервале температур 70–200 °С в течение 10–15 мин, разработанный комплекс позволяет получать покрытия на поверхностях различных материалов и изделий в течение нескольких секунд, без размещения их в стационарных установках полимеризации (сушильных камерах).

Первый термогенератор создает бескислительный нагрев окрашиваемой поверхности до необходимой температуры, а второй термогенератор, в специальную насадку которого подают заряженную порошково-воздушную смесь (ПВС), обеспечивает непосредственно процесс формирования (пленкообразования) покрытия на предварительно нагретой поверхности. При выбранной температуре в течение короткого времени (за несколько секунд) протекают физико-химические превращения ППК и происходит формирование покрытия.

Все технологические параметры поддерживает автоматическая система управления.

На рис. 1 показана принципиальная схема мобильной окрасочной установки. К каждому агрегату термогазогенератора ТГГ–20 с тепловой производительностью не менее 20 кВт на номинальном режиме подводят газ от индивидуального пропан-бутанового газового баллона. Расход газа регулирует редуктор давления газа. Воздух к ТГГ подводят от индивидуального авиационного вентилятора ДВ–201 с номинальной производительностью примерно 87 г/с.

Порошково-воздушную смесь готовят в специальном порошковом питателе ПП. В

узел псевдооживления УП воздух подводят через пористую пластину — оживающую решетку. Ожиженный порошок подсасывает встроенный эжектор Э и далее ПВС направляется в технологический отсек ТТТ. Для ссыпания порошка ПП имеет два пневмовибратора ПВ, эшелонированные по высоте бака ПП. Для прекращения подачи ПВС имеется специальный клапан Кл, перемещающий активное сопло эжектора, который перекрывает вход в камеру смешения, не позволяя попадать в нее ПВС; одновременно сжатым воздухом продувается тракт подвода ПВС. Сушка подводимого воздуха осуществляется в блоке подготовки воздуха, имеющем адсорбер А, заполненный силикагелем. Пневмопанель распределяет воздух с необходимым давлением по потребителям ПП (1, 2, 3, 4), а разводка выполняется гибкими шлангами.

Для разжигания ТГГ автомобильной искровой свечой зажигания служит специальный блок БИР, вырабатывающий высоковольтные импульсы.

Электростатическое поле создает типовая система генерации высокого напряжения, включающая блок питания БП, генератор Г и умножитель УН. Питание к электрической аппаратуре подводится от внешнего источника тока напряжением 24 В через специальную колодку.

Все агрегаты, за исключением двух газовых баллонов, имеющих значительную массу (примерно 100 кг), размещены на ручной неповоротной четырехколесной тележке.

Агрегат напыления предназначен для загрузки необходимого количества ППК в приемную емкость и дозированной ее подачи к распылительному устройству в автоматическом режиме. Он состоит из каркаса с пневматическим и электрическим пультом, порошкового питателя, пневмо- и электрооборудования, а также блока подготовки воздуха.

Порошковый питатель входит в состав агрегата напыления и предназначен для дозированной подачи ППК к распылительному устройству. Питатель состоит из цилиндрического корпуса с коническим днищем, заканчивающимся камерой наддува с фильтрующим элементом из специальной пористой стали, эжектора в зоне камеры наддува, крышки, с установленной на ней клапаном сброса электромагнитного вибратора. В зоне камеры наддува смонтирован диафрагменный исполнительный механизм, центральный стержень которого выполнен в

виде эжекторного сопла. Коническое днище корпуса внутри закрыто специальным фильтровальным мешком, образующим пространство с целью подачи сжатого воздуха для разрушения загруженной в питатель порошоковой композиции.

Распылительное устройство (рис. 2) предназначено для получения качественных покрытий из труднонапыляемых порошокowych композиций типа порошоковой полиэтилен, пентопласт, фторопласт, полифениленсульфид и т. д., которые при перемещении легко электризуются и имеют склонность к образованию комков.

Устройство состоит из корпуса 4 с ручкой, в котором расположен золотниковый клапан 7 для подачи сжатого воздуха в эжекторную втулку 6 из бункера 5 для загрузки порошоковой композиции. Источник высокого напряжения (высоковольтный умножитель) 8, прикрепленный к корпусу, расположен вокруг центральной трубки 3 подачи порошоковой-воздушной смеси. Концентрично центральной трубке расположен канал 2 для подачи дополнительного сжатого воздуха к выходной насадке 1, которая обеспечивает дробление комков порошка акустическими колебаниями.

В ручку распылительного устройства встроена электронная плата, которая формирует входные сигналы для высоковольтного трансформатора и умножителя. Высокое напряжение от умножителя подведено к коронирующему электроду, расположенному в насадке 1.

При подаче сжатого воздуха с входного штуцера, соединенного гибким шлангом с блоком подготовки воздуха через управляющий золотниковый клапан, у эжекторной втулки образуется разряжение, способствующее всасыванию ППК из бункера и пода-

чи ее в центральный патрубок. Порошково-воздушная смесь во входной втулке приобретает вихревое движение для улучшенного формирования факела и равномерного распределения порошокowych частиц. Одновременно происходит зарядка частиц порошка в зоне коронирующих электродов и равномерное нанесение ППК на поверхность заземленного изделия. Расход порошка регулирует эжекторное сопло в корпусе.

Мобильная окрасочная установка предназначена для выполнения информационной дорожной маркировки на взлетных площадках, автомагистралях, улицах, автомобильных стоянках, на полах цехов промышленных предприятий и т. п. Нанесение маркировки возможно на асфальтовые, гравийнобитумные, бетонные, асфальтобетонные и другие поверхности.

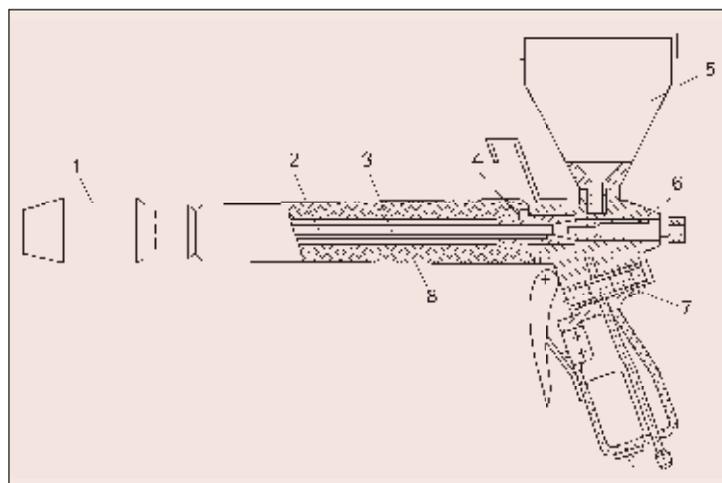
С целью оптимизации и интенсификации технологических процессов нанесения ППК проведены комплексные исследования и пилотные испытания опытного устройства на специально собранном стенде в «Отраслевой лаборатории горения в потоке» КГТУ им. А. Н. Туполева. Также проводится разработка технологии нанесения светоотражающих покрытий на основе атмосферостойких ППК на различные изделия, в том числе на информационные дорожные знаки.

Необходимость указанной разработки продиктована тем, что в РФ практически отсутствуют предприятия, занимающиеся созданием отечественных технологий и оборудования для нанесения надежных светоотражающих покрытий на дорожные информационные знаки на базе отечественных материалов, которые стоили бы меньше, чем импортные разработки.

В настоящее время широко применяют светоотражающие пленки на фольгированной основе, наклеиваемые на дорожные знаки. Ведущей фирмой на мировом рынке, производящей и поставляющей в РФ такую пленку, является американская фирма «ЗМ». Пленки отличаются высокими светотехническими характеристиками и большим сроком службы, однако они дорогостоящие. Аналоги таких пленок выпускает фирма «Модем» (Ростов), Московский филиал Ленинградского института водного транспорта. Но знаки, выполняемые на базе этих пленок, не отличаются долговечностью.

Разработка технологии нанесения светоотражающих покрытий вызвана необходимостью комплексного решения следующих задач:

Рис. 2. Распылительное устройство (ручное)



- выбора ППК, удовлетворяющих требованиям высокой адгезии, коррозионной стойкости, атмосферостойкости, устойчивости пигментов в их составе воздействию ультрафиолетовых лучей;
- выбора светоотражающих компонентов-микросфер с учетом оптических характеристик материалов и оптимальной дисперсности;
- исследования и установления закономерностей смачивания микросфер в процессе пленкообразования (формирования покрытия);
- оценки светоотражающих характеристик полученных покрытий.

В качестве пленкообразующего материала была использована полиэфирная порошковая композиция, обладающая высокими адгезионными и коррозионно-стойкими характеристиками, а для светоотражающих элементов композиции — стеклянные микросферы, которые в процессе полимеризации определенным образом распределяются на поверхности пленкообразующего материала.

Для получения качественных светоотражающих покрытий проводили комплексную оценку реологических свойств и рассчитывали краевой угол смачивания полиэфирного связующего с микросферами различной дисперсности. В связи с тем, что критерием качества светоотражающего покрытия является глубина утопания микросфер по толщине покрытия, то исследование указанных характеристик позволяет оптимизировать технологические процессы нанесения и формирования покрытий.

Основной фотометрической характеристикой отраженного света является коэффициент отражения, который определяли с помощью спектрофотометра СФ-18. Проведены также испытания стандартными методами образцов на адгезионную прочность, гибкость покрытия, ударную прочность и коррозионную стойкость. По результатам экспериментальных исследований определены основные характеристики светоотражающих покрытий на базе полиэфирных ППК и отработана технология их нанесения.

Технологический процесс включает следующие операции: подготовку поверхности подложек; нанесение в электростатическом поле ППК; предварительную полимеризацию; нанесение закрепляющего слоя; нанесение светоотражающего покрытия; окончательную полимеризацию; нанесение идентификационных знаков.

Большой практический интерес представляют также исследования по нанесению термостойких порошковых покрытий, в том числе на крупногабаритные корпусные детали паровых турбин. Известно, что для получения термостойких покрытий (до 360 °С) в основном используют только ППК на фторопластовой основе. Из жидких лакокрасочных материалов для таких целей применяют кремнийорганические лаки (до температуры 400–500 °С). На корпусные детали паровой турбины обычно наносят покрытия толщиной не менее 350 мкм. Толщина одного слоя не более 18–20 мкм, т. е. для получения необходимой толщины покрытия требуется нанести около 20 слоев. На базе фторопластовых композиций количество напыляемых слоев резко сокращается, но формирование покрытия каждого слоя происходит при температуре 350 °С в течение 40–50 мин, при этом не исключена деформация обработанных поверхностей корпуса.

Для реализации технологического процесса нанесения термостойких покрытий была выбрана ППК на полиэфирно-силиконовой основе. Технологический процесс отработывали на образцах толщиной 10 мм, после чего с учетом корректировок наносили покрытие непосредственно на корпусные детали паровой турбины, масса которых составляла 750 и 970 кг, материал — чугун марки СЧ-40.

Технологический процесс формирования покрытия состоял из следующих этапов:

1. Подготовка поверхности. Так как детали литые из чугуна и поэтому имеют поры, их первоначально подвергали тепловой обработке при температуре 250 °С, заметные раковины на горячей поверхности зашпаклевывали ППК марки WOK-9014/17, шлифовали мелкой шкуркой и обезжиривали.

2. Нанесение первого слоя порошковой композиции WOK-9014/17 проводили в электростатическом поле, позволяющим нанести слой толщиной 180–200 мкм.

3. Полимеризация первого слоя при температуре 190 °С в течение 30 мин.

4. Нанесение второго слоя на горячую поверхность до получения покрытия толщиной 350 мкм.

5. Окончательная полимеризация покрытий при температуре 204 °С в течение 90 мин.

6. Контроль качества покрытий. ● #638

Оборудование для термообработки сварных соединений на выставке «Сварка. Резка–2005» в Эссене

А. А. Шуляк, ООО НПП «Курай», П. М. Корольков, ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» (Москва)

С 12 по 16 сентября 2005 г. в Эссене (Германия) состоялась международная выставка «Сварка. Резка–2005». В выставке приняли участие четыре фирмы из Германии, выпускающие различные варианты программных многоканальных установок для термической обработки сварных соединений трубопроводов и сосудов давления с использованием электронагревателей сопротивления: Weldotherm GmbH Essen, Thermoprozess-Cooperheat GmbH, Gluhtechnik Service GmbH–GGT Hamburg, Sokol–Therm Dents chland GmbH. Фирма AEC Technology (Италия) также показала оборудование для нагрева электронагревателями сопротивления.

Электронагрев методом сопротивления за последние годы получил широкое применение для местной термообработки сварных соединений трубопроводов и сосудов давления диаметром до 3 м с толщиной стенки до 100 мм. Фирмы-изготовители такого оборудования делают попытки распространить сферу применения данных установок для термообработки на изделия диаметром более 3 м с толщиной стенки более 100 мм, что технически является необоснованным.

Установки фирм Германии, работающие с электронагревателями сопротивления, имеют принципиально одинаковые конструкции, системы управления и контроля процесса термообработки. В них до 12 программных устройств и до 12 автономных каналов нагрева (групп электронагревателей) определенной мощности. Каждое программное устройство рассчитано на работу с одним или несколькими каналами нагрева.

В комплект каждой установки входят соединительные кабели, конденсаторные устройства для приварки термопар, натяжные устройства и штыри для крепления электронагревателей и изоляции, теплоизоляционные материалы в виде гибких кремнеземных матов различных размеров, рассчитанные на температуру до 1200 °С, гибкие маты из прессованной минеральной ваты или стеклоткани, рассчитанные на температуру до 750 °С, а также гибкие электронагреватели сопротивления с плоской изоляционной керамикой или электронагреватели в оплетке из тонкой нержавеющей проволоки. В комплект установок могут быть включены и другие электронагреватели, например нагревательные ленты и кабели, манжеты (гибкие муфелы), нагревательные элементы с магнитной застежкой, пальцевые и каналные электронагреватели и др. Каждая установка укомплектована электронагревателями, рассчитанными на определенные силу тока, напряжение и мощность (как правило, 45 и 60 В, 2,7 кВт). В последнее время началось изготовление электронагревателей мощностью до 3,5 кВт. При этом секции электронагревателей в зависимости от диаметров труб могут иметь разные размеры, но их электрические параметры одинаковы. Наиболее распространенные размеры гибких электронагревателей фирмы Weldotherm и область их применения приведены в табл. 1.

Фирмой Weldotherm на выставке были представлены программные установки типа VAS и «Стандарт Европа». Фирма выпускает 38 вариантов установок VAS мощностью

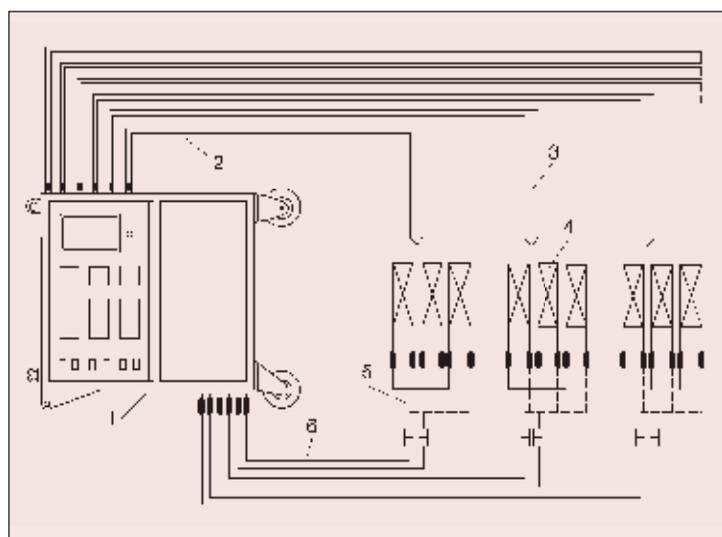


Рис. 1. Схема внешних соединений установки VAS 24/3 фирмы Weldotherm: 1 — корпус установки; 2 — термозлектродные провода; 3 — термопары; 4 — электронагреватели; 5 — электрические провода для параллельного соединения электронагревателей; 6 — электрические провода третьей зоны

от 12 до 120 кВт, имеющих 1–12 автономных программ нагрева и 2–12 каналов (зон) нагрева. Например, VAS 120–6/12 мощность 120 кВт имеет шесть программных устройств, 12 каналов нагрева, VAS 24/3 мощность 24 кВт имеет три канала нагрева с автономными программными устройствами (рис. 1). Как правило, установки выполняются на колесном ходу, на верхней панели предусмотрены четыре транспортные петли для возможности перемещения краном.

Установки «Стандарт-Европа», широко применяемые в России и странах СНГ, являются электротермическим оборудованием, выполняющим термообработку по автоматическому циклу по менее сложной программе, чем установки серии VAS. Наиболее перспективными оказались установки мощностью 45 и 82 кВт с 6 или 12 каналами нагрева по автономным программам. Установки комплектуют программными регуляторами ТС60, 6-или 12-канальными термографами ВН–60–6 или ВН–12. Техническая характеристика установок «Стандарт-Европа» приведена в табл. 2. Эти установки имеют предохранители для индивидуальной защиты каждого контура нагрева от перегрузки. Установки обеспечивают температуру нагрева до 1200 °С при продолжительности цикла термообработки до 80 ч. Кроме того, по специальному заказу могут быть изготовлены и поставлены специальные устройства для термообработки сварных соединений в различных производственных и климатических условиях.

Фирма Weldom представила также оборудование для объемной (полной) обработки оболочковых конструкций (сосудов давления, цилиндрических емкостей и т.п.) с использованием специальных мощных газопламенных горелок, работающих на природном газе или пропане с нагревом по заданной программе. При этом способе нагрева факел горелки направлен во внутренний объем термообрабатываемой конструкции. На внешней поверхности термообрабатываемого объекта устанавливаются датчики температуры для контроля температуры и теплоизоляции.

Фирма Thermoprozess-Cooperheat показала три образца программных установок для термообработки сварных соединений трубопроводов небольших размеров (диаметром до 168 мм с толщиной стенки до 8 мм). Установки рассчитаны на работу шести электронагревателей сопротивления типа нагревательных матов единичной

Таблица 1. Выбор нагревательных матов и кабелей в зависимости от диаметра и толщины стенки труб

Размеры труб		Характеристика электронагревателей напряжением 60 В		
Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Вид	Размеры, мм	Количество, шт.
Не более 159	Не более 10	Нагревательный кабель	1060×45	1
	11–25			2
	Не более 10	Одиночный кабель	4550×12	1
	11–25			2
От 159 до 219	Не более 15	Нагревательный материал	540–620×90	1–2
	16–45		540–620×90	2–4
219	16–45	Нагревательный материал	360×130	2–4
От 219 до 325	Не более 15	Нагревательный материал	435×110	2–3
	16–30			3–4
	31–45			4–5
От 325 до 426	Не более 15	Нагревательный материал	435–620×90–110	2–3
	16–30			4–5
	31–45			6–7
От 426 до 625	Не более 15	Нагревательный материал	540–620×90	3–4
	16–30			5–6
	31–45			8–9
	46–60			11–12
От 625 до 720	Не более 15	Нагревательный материал	540–620×90	3–4
	16–30			6–7
	31–45			9–10
	46–60			12–14
От 720 до 925	Не более 15	Нагревательный материал	540–590×90	4–6
	16–30			8–10
	31–45			12–15
	46–60			16–20
От 920 до 1020	Не более 15	Нагревательный материал	620×90	5
	16–30			10
	31–45			15
	46–60			20

Техническая характеристика установок типа VAS:

Мощность при ПВ=100%, кВт 12; 24; 45; 82; 120
 Первичное напряжение, В 380; 500
 Первичная сила тока, А:
 при напряжении 380 В 32; 37; 63; 125; 183
 при напряжении 500 В 24; 28; 52; 95; 139
 Вторичная сила тока на одну зону нагрева
 (при напряжении 60 В), А 50–334
 Число автономных программ ТО 1; 2; 3; 4; 6; 9; 12
 Число автономных зон нагрева 2; 3; 4; 6; 8; 12
 Допустимая скорость нагрева и охлаждения, °С/ч 1000
 Максимальная температура нагрева, °С 1200
 Максимальное время выдержки, ч 100
 Габаритные размеры корпуса, мм От 500×510×525 до 1200×1335×850
 Масса, кг 90–755

Таблица 2. Техническая характеристика установок «Стандарт-Европа»

Параметр	Тип установки			
	45-6	45-12	82-6	82-12
Мощность, кВт	45	45	82	82
Напряжение в первичной цепи, В	400	500	400	500
Сила тока в первичной цепи, А	63	52	125	95
Напряжение во вторичной цепи, В	30-60	30-60	30-60	30-60
Сила тока во вторичной цепи (на канал нагрева), А	6×125	12×62	6×228	12×114
Класс точности	0,5	0,5	0,5	0,5
Число программных каналов (зон) нагрева	6	12	6	12
Габаритные размеры установки, мм	800×1335×800	800×1335×800	800×1335×800	800×1335×800
Масса, кг	410	460	490	540

Таблица 3. Техническая характеристика установок типа НТИ

Параметр	Тип установки		
	48-6	60-6	84-12
Мощность, кВт	48	60	84
Число каналов нагрева и программных устройств	6	6	12
Напряжение, В, и сила тока, А, в первичной цепи	400, 70	400, 87	400, 122
	500, 55	500, 69	500, 97
Напряжение, В, и сила тока, А во вторичной цепи	84, 95	84, 120	84, 85
Габаритные размеры, мм	650×1230×650	650×1230×650	1000×1520×750
Масса, кг	340	370	470

мощностью 2,7 кВт (60 В и 45 А) и обеспечивают выполнение термообработки по заданной программе.

Небольшие габариты и масса установок (175×575×420 мм, 12 кг; 235×275×360 мм, 9 кг; 560×300×420 мм, 22 кг) позволяют легко перемещать установки в рабочей зоне. Фирма выпускает серию аналогичных установок мощностью до 48 и 84 кВт типа НТИ с нагревом до 1000 °С (табл. 3), укомплектованных различными видами электронагревателей сопротивления (гибких и жестких) с напряжением до 20-400 В, а также устройствами для приварки термопар, теплоизоляции до температуры 1500 °С и т. п.

Эта же фирма выпускает оборудование системы AEG-Elotherm для индукционного нагрева токами средней частоты 2000-10000 Гц с машинными преобразователями мощностью 20-400 кВт технологических трубопроводов и корпусного оборудования диаметром до 12 м с толщиной стенки до 300 мм до температуры 650-750 °С.

Одним из вариантов этих установок является передвижной пост ELOMAT-MOBILE мощностью 120 кВт с рабочей частотой 2000 Гц. Установка состоит из двух модулей: №1 — источник питания — преобразователь средней частоты 2000 Гц мощностью 120 кВт; №2 — пульт управления, в котором расположены приборы контроля и управления циклом термообработки, а также конденсаторы для образования колебательного контура и получения коэффициента мощности в пределах 0,9-1.

Несколько фирм были представлены впервые. Фирма Sokol-Therm (Германия) показала восемь вариантов установок типа ST и ST-turbo (ST-НТ) мощностью до 46 и 130 кВт (рис. 2). Установка типа ST-НТ имеет устройство для перемещения по стро-

Рис. 2. Общий вид установки ST-НТ 98-12: 1 — корпус установки; 2 — амперметры; 3 — автоматический регистрирующий потенциометр на 6 или 12 точек измерения; 4 — регулятор ТС-60; 5 — контролер мощности; 6 — переключатель режимов; 7 — лампы контроля фазы

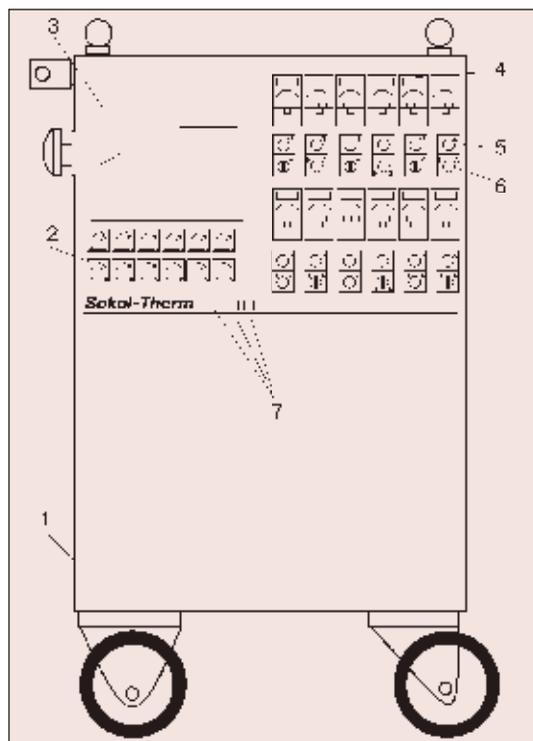


Таблица 4. Техническая характеристика установок фирмы GGT

Параметр	Тип установки				
	К 24/6	К 45/6	К 45/12	К 90/12	К 140/12
Мощность, кВ·А	24	45	45	90	140
Напряжение в первичной цепи (трехфазное, частотой 50 Гц)	400; 500; 660				
Сила тока, А, в первичной цепи, при напряжении 400 В	32	63	63	125	200
Число независимых каналов нагрева	6	6	12	12	12
Сила тока в каждом канале нагрева, А (при максимальном напряжении)	48	93	46	93	140
Напряжение во вторичной цепи, В	15–84			30–84	
Габаритные размеры, мм	1085×600×540	1175×910×730	1380×910×730	1380×910×730	1460×50×810
Масса, кг	210	355	400	495	640

ительной площадке (колесный ход с рукоятью для маневрирования, рым-болты для перемещения краном).

Установки типа ST 46–1, 50–6, 66–12, 86–6, 98–6, 98–12, 130–6, 130–12 (первые цифры – мощность, кВт, последние – число независимых каналов нагрева) питаются от трехфазной сети 380/400В, 50 Гц при вторичном напряжении 30–60 В, габаритные размеры установки 1500×900×800 мм, масса 800 кг. Установки снабжены системами безопасности, контролирующими температурный режим трансформатора с принудительным отключением в случае перегрузки или короткого замыкания, принудительное охлаждение трансформатора, аварийное отключение всей установки при перегреве трансформатора или невыполнении температурного режима, обрыве термопары.

Также впервые на выставке была представлена фирма GGT, которая показала пять разновидностей автоматических программных установок мощностью 24–140 кВт (табл. 4). Установки обеспечивают нагрев до 1000 °С, укомплектованы устройствами, обеспечивающими безопасность в эксплуатации по каждому каналу нагрева (при замыкании в цепи контроля температуры, при срыве программы и т. п.). Комплектация средствами нагрева типовая для автоматических программных установок, работающих на электронагревателях сопротивления (гибкие нагревательные маты, одинарные и двойные нагревательные кабели и т. п.).

Итальянская фирма AES Technology представила серию автоматических программных установок, работающих с электронагревателями сопротивления, а также несколько видов индукционных установок промышленной и средней частоты. Уста-

новки электронагрева сопротивлением выпускают рассчитанные на рабочее напряжение до 90 и 400 В.

Установки с рабочим напряжением 90 В типа R1 130 мощностью 130 кВ·А, типов R3–R12 мощностью 27–212 кВ·А имеют 3–12 автономных каналов с программными устройствами, ARES/R6 и К 12 мощностью 70 кВ·А имеют рабочее напряжение 30–60 В и 6–12 каналов нагрева с программными устройствами. Установки электросопротивления с рабочим напряжением до 400 В типа R/3NOVA и R/6 NOVA мощностью 70 и 140 кВ·А имеют 3–6 каналов нагрева с программными устройствами. Отличительной чертой установок с электронагревателями сопротивления является возможность тиристорного регулирования силы тока в каждом канале нагрева, что позволяет использовать электронагреватели различной мощности. Эти электронагреватели имеют форму нагревательных матов длиной 260–1660 мм и шириной 85–635 мм при мощности от 4,15 до 19,35 кВт.

Программное устройство выполнено в виде дисплея, на котором отражается как диаграмма процесса нагрева, так и параметры нагрева по каждому каналу нагрева. Программатор может посылать сообщение на мобильный телефон оператора-термиста об окончании цикла термообработки или его нарушении. По желанию заказчика в установку может быть включен стандартный регистрирующий потенциометр для записи диаграммы на бумажном носителе.

Фирма представила также технические данные индукционных установок токов промышленной частоты мощностью 100 кВ·А и средней частоты 5 кГц мощностью 22 кВ·А.

● #639

Совершенствование конструкции металлокомпозитных баллонов

Я. Г. Осадчий, д-р техн. наук, Ю. И. Русинович, В. П. Трошин, кандидаты техн. наук, ЗАО НПП «МАШТЕСТ» (Королев, Московская обл.)

Баллоны для хранения сжатого воздуха с рабочим давлением 29,4 МПа широко используют во многих отраслях промышленности, а также при выполнении спасательных работ.

Учитывая высокие требования к безопасности использования баллонов, находящихся под давлением сжатого воздуха, к баллонам предъявляют особые требования, обеспечивающие надежную их работоспособность:

- коэффициент запаса прочности больше 2,6;
 - безосколочное разрушение при гидротрещинах;
 - заданная циклическая долговечность;
 - безосколочное разрушение баллона, заполненного воздухом с рабочим давлением, при простреле его пулей, после падения на острый предмет, после климатических воздействий и воздействия пламени.
- Первоначально в дыхательных аппаратах использовали баллоны из конструкционной стали 30ХМА, однако даже пустой

такой баллон вместимостью 7 л имеет массу 9,5–10 кг. ЗАО НПП «Маштест» (Россия) поставило перед собой задачу максимально облегчить баллон. Работу проводили в два этапа. На первом был создан металлокомпозитный баллон типа БК–7–300С со стальным лейнером, армированным композитом на основе стеклопластика. Это позволило снизить массу баллона вместимостью 7 л на 45% при сохранении всех потребительских качеств. Второй этап – создание баллона типа БК–7–300АУ с лейнером из алюминиевого сплава, армированного композиционным материалом на основе углепластика, что позволило снизить массу баллона вместимостью 7 л на 65% по сравнению с цельнометаллическим.

Обработка прочности комбинированных баллонов включала проведение проекторно-верочного и поверочного расчетов, а также натурные испытания. В отличие от металлического лейнера, характеристики изотропного материала которого заранее известны, характеристики композитной обмотки формируются в процессе проектирования, т.е. понятие проектирования расширяется, включая проектирование ортотропного материала обмотки с учетом совместной работы с лейнером. В зависимости от характера укладки и чередования кольцевых и спиральных слоев возникает большое число вариантов, из которых необходимо выбрать такой, который удовлетворял бы всем поставленным условиям. Для такого проекторно-верочного расчета баллонов используют специализированный программный комплекс МАШТЕСТ 1.4. С его помощью можно рассмотреть различные виды намотки с учетом напряжений для возможных вариантов оправки и рассчитать целиком весь корпус баллона, включая днище. Для выбора материала лейнера используют билинейную модель. Усталостную прочность определяют с учетом давления автофреттирования, рассчитывают весовые и другие характеристики баллона.

Комплекс МАШТЕСТ 1.4 позволяет проследить совместное деформирование

Таблица 1. Техническая характеристика баллонов БК–300С

Баллон	Вместимость, л, не менее	Масса, кг, не более	Габаритные размеры, мм, не более	
			диаметр	длина
БК–2–300С	2	2,1	112	305
БК–3–300С	3	2,8	112	420
БК–4–300С	4	3,6	112	540
БК–7–300С	7	5,7	145	555

Таблица 2. Техническая характеристика баллонов БК–300А–У

Баллон	Вместимость, л, не менее	Масса, кг, не более	Габаритные размеры, мм, не более	
			диаметр	длина
БК–4–300А–У	4	2,47	123	492
БК–5–300А–У	5	2,87	123	595
БК–6–300А–У	6	3,27	148	499
БК–7–300А–У	7	3,77	148	568
БК–9–300А–У	9	4,57	178	517
БК–10–300А–У	10	5,07	178	565

лейнера и композитной обмотки. В баллоне БК-7-300С стальной лейнер берет на себя значительную часть нагрузки, в результате чего работа лейнера при рабочем давлении происходит в упругой области, и это отвечает требованиям по усталостной прочности. Стеклопластиковая обмотка баллона БК-7-300С выполняет функцию поддержания несущей способности баллона, и на уровне разрушающего давления она берет на себя больше половины несущей способности.

Другую картину деформирования наблюдают в баллоне БК-7-300АУ. Алюминиевый лейнер с самого начала берет на себя лишь незначительную часть внутреннего давления в баллоне. В этом случае для обеспечения требований к усталостной прочности необходимо выполнить два условия. Во-первых, сделать правильный выбор давления автофреттирования, в результате чего лейнер получает необходимые пластические деформации и при нулевом давлении находится в сжатом состоянии, а при рабочем давлении напряжения растяжения в нем минимальны. Во-вторых, использовать для намотки силового корпуса баллона типа «кокон» высокомодульный материал в виде угольных волокон, которые обеспечивают жесткость силового корпуса и ограничивают деформации алюминиевого лейнера.

Все негативные явления, особенно локального характера, которые могут проявляться в конструкции баллонов, выявляют на стадии поверочных расчетов. Для их проведения используют тестированные программные комплексы на основе конечных элементов. Подход на основе объемных конечно-элементных моделей позволяет выявить все недостатки и заранее их устранить. При натурных испытаниях остается лишь подтвердить полученные результаты расчетов и установить отклонения в характеристиках материалов или в технологии изготовления баллона.

В результате проведенных экспериментально-теоретических работ отработана конструкция и технология изготовления двух типов металлокомпозитных баллонов: БК-300С и БК-300А-У (табл. 1 и 2). Внешний вид баллонов показан на рис. 1 и 2.

Баллоны прошли сертификационные испытания в системе ГОСТ Р и получили разрешение Технадзора России на применение.

Результаты испытания статической прочности баллонов приведены в табл. 3, на рис. 3 показан внешний вид баллона



Рис. 1. Внешний вид баллонов типа БК-300С вместимостью 2, 3, 4, 7 л



Рис. 2. Внешний вид баллонов БК-300А-У вместимостью 7 л

Таблица 3. Результаты испытания статической прочности баллонов

Баллон	Номер баллона	Разрушающее давление, МПа	Фактический запас прочности
БК-7-300С	18247	80,1	2,67
БК-7-300С	17999	81,3	2,71
БК-7-300С	17746	84,4	2,81
БК-7-300С	16929	79,8	2,66
БК-7-300А-У	0131	83,0	2,77
БК-7-300А-У	0090	83,5	2,78
БК-7-300А-У	0111	85,0	2,83
БК-7-300А-У	0114	84,5	2,82

после гидроиспытаний, на рис. 4 – пробитого пулей.

Основным результатом проведенных работ явилось создание и сертификация облегченных металлокомпозитных балло-



Рис. 3. Баллон БК-7-300С после гидроиспытания до разрушения

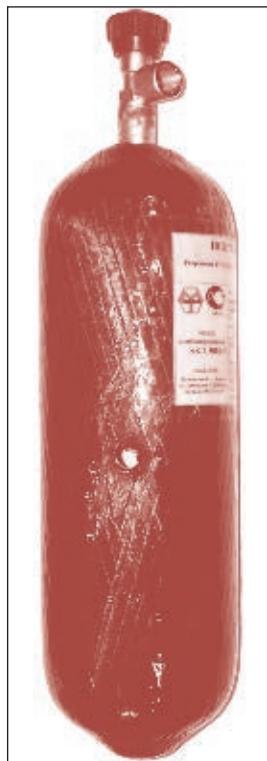


Рис. 4. Баллон БК-7-300А-У, пробитый пулей

нов двух типов, которые полностью удовлетворяют требованиям российских «Норм пожарной безопасности» НПБ 190-2000, европейских норм EN 12 245, EN 12 257 и американских HSE-AL-W2.

Особенностью баллонов типа БК-300С являются конструкция, в которой использована намотка с небольшим заходом на днище, и лайнер с повышенными деформационными характеристиками материала (удлинение при разрыве и ударная вязкость), что увеличивает надежность баллонов в целом.

Баллоны типа БК-300А-У имеют композитную намотку типа «кокон» и сетчатый наружный слой.

В отличие от зарубежных в созданных в России баллонах при гидроиспытаниях до разрушения не образуются осколки благодаря специально подобранной структуре композита. Баллоны вполне конкурентоспособны на российском и зарубежном рынках как по качеству, так и по стоимости.

● #640

15-17 марта

Выставочный центр "ЭКСПОНИКОЛАЕВ" приглашает Вас принять участие в X специализированной выставке

**ТЕХМАШ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
2006**

**ЭКСПО
НИКОЛАЕВ**

Мы ждем Вас по адресу:
г. Николаев, пл. Судостроителей, 3-Б
Выставочный зал "ЭКСПОНИКОЛАЕВ"
тел./факс: (0512) 36-22-06; 47-93-02
E-mail: expo@optima.com.ua; centerexpo@biz.mk.ua

Ультразвуковая точечная сварка: новый способ соединения алюминия*

E. Hetrick, R. Jahn, L. Reatherford, J. Skogsmo, S. Ward, D. Wilkosz, J. Devine, K. Graff, R. Gehrin (США)

Наиболее перспективным из известных методов, обеспечивающих более экономное расходование топлива, является снижение массы автомобиля.

Использование легких материалов дает возможность изготовителям снизить массу автомобиля, увеличить объем производства при выполнении высоких требований к рабочим характеристикам (стойкость к ударным нагрузкам, снижение уровня шума и вибраций) и надежности автомобиля. По оценкам специалистов, в типичном шестиместном автомобиле такого размера, как «Седан», с алюминиевым кузовом и двигателем с искровым зажиганием выделение CO_2 снизится на 3,7% в течение его срока службы по сравнению с выделением CO_2 у обычного автомобиля из стали (предполагаемая разница в массе 180 кг). Согласно анализу, проведенному Американской автомобильной ассоциацией в 2003 г., расходы на бензин составляют 13,9% средних расходов на содержание автомобиля. Следовательно, увеличение экономии топлива будет означать прямую экономию средств для потребителя.

Есть целый ряд легких материалов, пригодных для применения в автомобилестроении, но алюминий имеет преимущество благодаря высокой коррозионной стойкости и технологичности. Кроме того, удельная жесткость алюминия близка к жесткости стали, а повышение эквивалентного сопротивления сминанию панелей автомобильных кузовов может быть достигнуто при незначительном увеличении толщины листа. К сожалению, расширение использования алюминия для кузовов и рам связано с резким повышением стоимости автомобиля, так как по сравнению со сталью алюминий приблизительно на 50% дороже и методы соединения алюминиевых деталей требуют больших затрат.

Высокая электрическая и тепловая проводимость алюминия требуют применения высоких токов в течение короткого време-

ни, для чего необходимы дорогостоящие трансформаторы, тяжелые кабели, частая смена сварочных наконечников и водяное охлаждение при использовании точечной сварки сопротивлением — основного метода, используемого для сварки стальных кузовов автомобилей. Точечная сварка сопротивлением также чувствительна к наличию оксидов и формовочных смазок на поверхности. Как и при всех процессах сварки плавлением, высокие тепловложения могут быть причиной проблем, связанных с размерами и прочностью металла в зоне термического влияния (ЗТВ). Требования точной состыковки и сборки деталей при лазерной сварке ограничивают ее применение в автомобильной промышленности. Кроме того, оборудование для лазерной сварки является дорогостоящим и требует квалифицированных операторов. Сварка трением с перемешиванием — слишком продолжительный по времени процесс для использования в автомобильной промышленности при больших объемах производства. Дуговую сварку в настоящее время применяют в ограниченных масштабах, так как это тоже медленный процесс, требующий больших тепловложений. Соединение электромагнитными импульсами ограничено из-за сложной конфигурации соединения. Клепка, закатывание и склеивание находят применение при изготовлении алюминиевых транспортных средств, но данные процессы сложны и повышают массу и стоимость изделий.

Для обеспечения более широкого использования алюминия при изготовлении кузовов автомобилей необходимы надежные методы получения соединений, позволяющие свести до минимума продолжительность цикла и эксплуатационные расходы. Эти методы должны быть легко управляемыми, нечувствительными к точности центровки, сборки деталей и различным режимам сварки, стабильно обеспечивать надежность соединений. Только в таком случае производство корпусов автомобилей из алюминия станет выгодным для производителей и потребителей.

* Статья опубликована в журнале *Welding Journal*. — 2005. — №2.

Для решения многих проблем, связанных с изготовлением автомобильных кузовов из алюминия, идеально подходит ультразвуковая сварка металлов (УЗС). УЗС — это процесс сварки в твердой фазе, обеспечивающий соединение путем одновременного приложения локализованной энергии высокочастотной вибрации и умеренных усилий сжатия. Оборудование для ультразвуковой сварки металла было впервые запатентовано в 1960 г. На *рис. 1* показаны типичные установки для ультразвуковой точечной сварки. Ультразвуковые колебания создает преобразователь,

который преобразует высокочастотную электрическую энергию, вырабатываемую источником питания, в энергию механических колебаний той же частоты. Эти колебания передаются через излучатель на изделие, причем колебания наконечника происходят в плоскости, параллельной плоскости поверхности свариваемых листов. Эти листы зажимают между наконечником излучателя и опорой. Трение, возникающее между поверхностями листов, когда они подвергаются воздействию ультразвуковых колебаний и усилия сжатия, приводят к диспергированию оксидов и загрязнений на поверхности раздела и обеспечивает контакт и соединение металла с металлом. Наконечники излучателя могут иметь различную форму и геометрию канавки в зависимости от требований сварки. С их помощью при сварке можно также наносить логотипы изделий. Ультразвуковая сварка металлов отличается от ультразвуковой сварки пластмасс ориентацией приложенных колебаний.

Обычные установки для ультразвуковой сварки работают при частоте колебаний 20 кГц и достигают мощности 1,5–2,5 кВт, хотя были изготовлены установки и на 4,5 кВт. Амплитуды вибрации сварочного наконечника составляют порядка 20–75 мм при усилии сжатия порядка 2 кН для соединения сплавов алюминия толщиной 1–2 мм.

Существует четыре основных варианта УЗС, используемых для получения различных типов швов: точечный, кольцевой, линейный и непрерывный. Их характеризуют следующие переменные: химический состав, геометрия, твердость, состояние поверхности изделий, частота и амплитуда УЗК, энергия, усилие сжатия и время, затраченное на сварку, конструкция сварочной оснастки и сварочного инструмента (т. е. волновод и наковальня).

В отличие от точечной сварки сопротивлением УЗС — это процесс получения соединений в твердой фазе, при котором не

Рис. 1. Установки для ультразвуковой сварки: а — продольно-поперечная система; б — конфигурация с боковым приводом

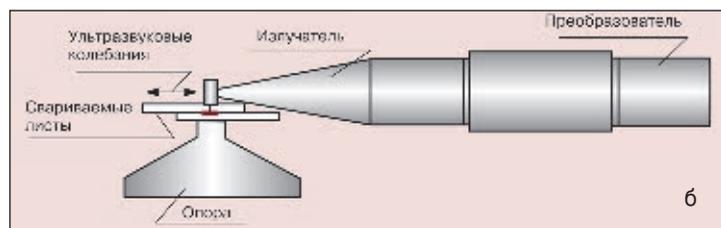
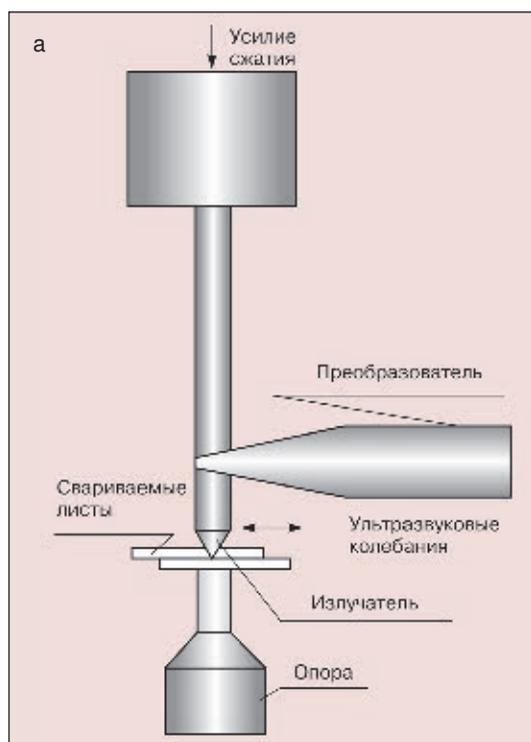


Таблица. Структура расходов при различных технологиях соединения алюминиевых листов

Номер метода	Метод соединения	Средняя стоимость оборудования, долл. США	Относительное потребление энергии	Относительные переменные издержки на одно соединение
1	Точечная сварка сопротивлением (сварочный мундштук 8 мм)	16 000	6	5
2	Клепка с самопрошивкой (заклепка 3 мм)	60 000	1	5
3	Дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (25 мм)	12 000	18	3
4	Склеивание (25 мм × 13 мм)	85 000	1	2
5	УЗС (наконечник 6 мм)	28 000	1	1

образуется четко различимая зона сплавления (рис. 2). Твердость по всей площади УЗ шва, а также и основного металла отличается не более чем на 10%, в то время как в швах, выполненных точечной сваркой сопротивлением (ТСС), наблюдаются серьезные колебания твердости на сваренном участке, причем в ЗТВ возможно значительное снижение прочности металла. Для УЗ швов характерно перемещение исходной поверхности раздела, и в отличие от швов, выполненных сваркой плавлением, поверхность раздела может стать волнистой.

С помощью УЗС можно соединять разнородные металлы, сваривать как тонкие профили, так и тонкие профили с толстыми. Она позволяет сваривать, несмотря на пленку из большинства оксидов и масел на поверхности, а образующиеся при этом запахи или дым незначительны. УЗС не требует применения сварочной проволоки или водяного охлаждения, не приводит к образованию разрядов или искр. Время сварки незначительно (например, десятки секунд). Работа оборудования подобна работе при точечной сварке сопротивлением, что облегчает внедрение процесса в производство.

Для сборки деталей автомобиля из алюминия в настоящее время используют точечную сварку сопротивлением, клепку с самопрошивкой, дуговую сварку металлическим электродом в защитных газах и склеивание.

Основным преимуществом УЗС по сравнению с ТСС является более низкая стоимость (таблица), причем для транспортного средства, имеющего порядка 3000 заклепок, прогнозируется значительная экономия средств. Разница в энергозатратах между дуговой сваркой плавящимся электродом в защитных газах и ультразвуковой сваркой очень большая. Еще одним преимуществом является то, что детали, сваренные с использованием машин для ультразвуковой сварки, не нагреваются так, как при сварке сопротивлением или дуговой сварке, поэтому операторам легче и безопаснее работать с ними.

Швы, выполненные УЗС, по своим показателям выгодно отличаются от швов, выполненных другим способом как при квазистатическом, так и при динамическом нагружении (рис. 3). Ниже приведена разрушающая нагрузка, кН, для образцов нахлесточных швов со сдвигом из сплава 6111-Т4РД толщиной 0,9–0,9 мм (включая отжиг в течение 20 мин при 165 °С), полученных различными методами:

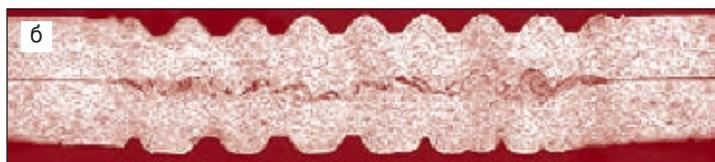
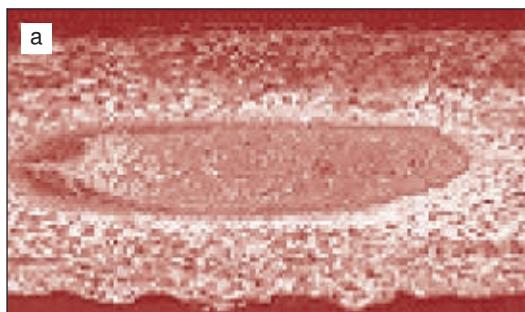


Рис. 2. Поперечное сечение шва при точечной сварке сопротивлением (а), при ультразвуковой точечной сварке (б)

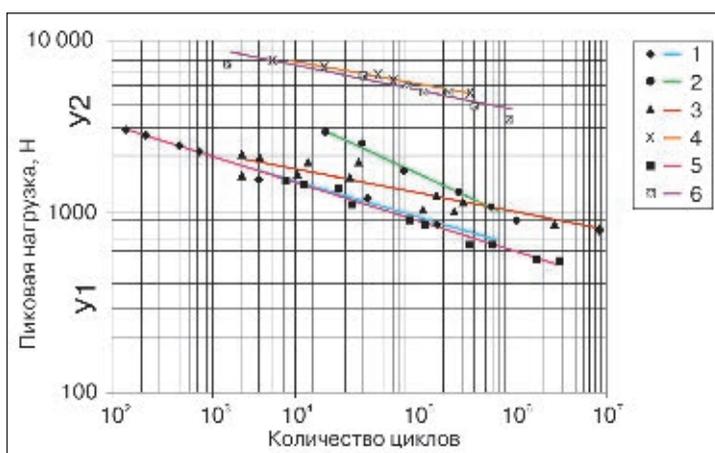


Рис. 3. Усталостная прочность соединений алюминиевого сплава 6111 толщиной 0,9 мм, R=0,1: 1–3 — метод соединения (см. таблицу); 4 — склеивание (25×25 мм); 5 — УЗС (наконечник 5×7 мм); 6 — УЗС (наконечник 4×7 мм)

ТСС (сварочный мундштук 8 мм)	2,2
Клепка самопрессовкой (заклепка 3 мм) ..	3,1
Дуговая сварка (25 мм)	2,6
Склеивание (25×25 мм)	8,0
УЗС (наконечник 5×7 мм)	3,5

Есть данные о типичных разрушающих нагрузках, т. е. подложки соединяют сразу после получения с остатками штамповочной смазки на их поверхностях, а параметры соединений выбирают так, чтобы они обеспечивали надежность в условиях производства изделий с высокой скоростью. Типичным механизмом нагружения является «отрыв наплавки» как при точечной сварке сопротивлением, так и при УЗС.

Преимущества УЗС, несомненно, приведут к расширению применения этого метода не только в автомобильной, но и во многих других отраслях промышленности. Кроме того, предполагается, что УЗС вскоре будут применять также для меди, магния и других легких материалов.

● #641

Специализированные фрезерные машины для разделки кромок

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, НТК «ИЭС им. Е. О. Патона»

Разделку кромок стыкуемых толстостенных деталей под дуговую сварку выполняют, как правило, раздельно на каждой детали методами бесконтактной (кислородная, плазменная, лазерная, гидроабразивная) или механической (фрезерование) резки. Однако в последние годы развита технология глубокого фрезерования сразу обеих кромок стыкуемых деталей, что является конкурентной альтернативой применяемым обычно технологиям разделки кромок.

Специализированные фрезерные машины для разделки кромок фирмы Gräbener Maschinentechnik GmbH&Co.KG (Netphen-Werthenbach, ФРГ) предназначены для использования при производстве трубопроводов и сосудов давления, а также башен для ветроэлектростанций. Во многих случаях технология глубокого фрезерования оказывается более эффективной и экономичной,

чем разделка кромок методами термической или дистанционной резки.

Разделку кромок осуществляют специальной фрезой (рис. 1) со сменными режущими твердосплавными пластинами за один проход сразу на обеих стыкуемых деталях. Фрезерные машины (табл. 1) выпускают для разделки кромок как продольных, так и кольцевых стыковых соединений. В состав фрезерных машин могут также входить механизмы поддержки и роликового вращения труб или сосудов.

Фрезерные машины для разделки кромок под кольцевой сварной шов (рис. 2) можно легко транспортировать к месту выполнения работ.

Фирма Gräbener Maschinentechnik GmbH&Co.KG провела сравнение затрат на

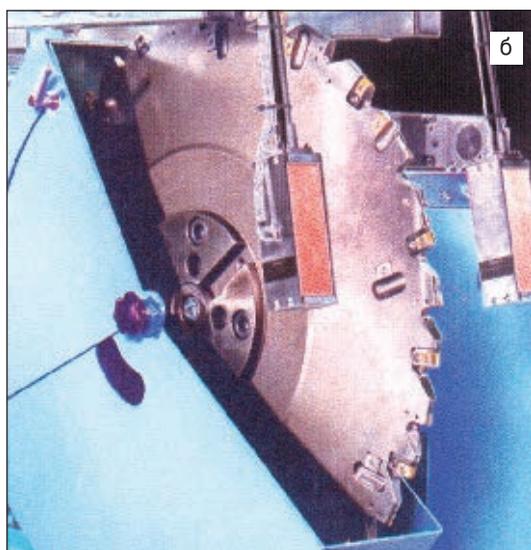
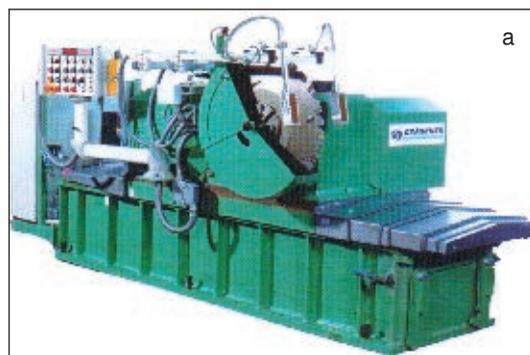


Рис. 1. Специальная фреза (а) для разделки кромок и режущая головка (б)

Рис. 2. Фрезерные машины для разделки кромок кольцевого сварочного шва: а — GRF 30; б — GRF 55s (движущаяся по рельсам)

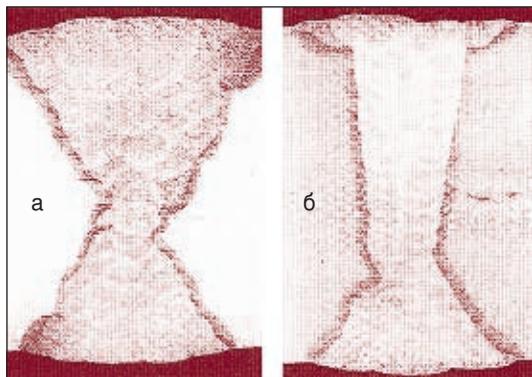


Рис. 3. Форма сварного шва: а — разделка воздушно-плазменной поверхностной резкой; б — разделка глубоким фрезерованием

разделку кромок, выполненную двумя методами: воздушно-плазменной поверхностной резкой и с помощью фрезерной машины GRF 30 (рис. 3). Разделку кромки и последующую дуговую сварку выполняли для сосуда давления диаметром 3,5 м и толщиной стенки 35 мм из стали P355NL1 (St52).

Как видно из данных табл. 2, технология глубокого фрезерования по всем параметрам (как по техническим, так и по экономическим) превосходит технологию воздушно-плазменной резки.

С помощью глубокого фрезерования можно также выполнять операцию скоса кромки на торцах толстостенных труб.

● #642

Таблица 1. Фрезерные машины для разделки кромок

Параметр	Разделка кромок стыкового соединения				
	продольного		кольцевого		
	GLF 65	GLF 75	GRF 30	GRF 45	GRF 55
Мощность привода, кВт	61	74	35	51	57
Максимальная глубина фрезерования, мм	80	165	60	120	160

Таблица 2. Затраты на подготовку стыка и последующую сварку сосуда давления

Параметр	Метод разделки кромок	
	воздушно-плазменная резка	глубокое фрезерование
Время подготовки стыка, %	100	15
Угол раскрытия разделки, ...°	до 60	6–8
Скорость процесса разделки кромок, мм/мин	60	550
Время сварки, ч	6,9	5,5
Скорость выполнения соединения (разделка кромок+сварка)	100	58
Расход сварочной проволоки, %	100	72
Расход электродов и режущих пластин фрез:		
по массе	100	83
по стоимости	100	56
Расход электроэнергии, %	100	83
Затраты на сварку, %	100	60,4
Затраты на разделку кромок и сварку, %	100	67
Общие затраты на производство соединения, %	100	54,3

Вниманию специалистов!

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт» проводит Международную научно-техническую конференцию

«Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов в машиностроении» — ОТТОМ-7

24–28 апреля 2006 г.

Организаторы: Национальная академия наук Украины, Министерство образования и науки Украины, Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», Ассоциация материаловедов и термистов Украины, Украинское вакуумное общество.

Основные направления работы:

- Международная научно-техническая конференция «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов в машиностроении».
- 5-й межгосударственный семинар-практикум «Печное и закалочное оборудование нового поколения для термической обработки металлоизделий».
- 6-й научно-практический симпозиум «Функциональные покрытия для повышения качества поверхностей изделий машиностроения».
- 3-й научно-технический семинар «Достижения в теории и практике азотирования и карбонитрирования».
- 4-й научно-практический семинар «Перспективные материалы в машиностроении».
- 5-я школа молодых ученых совместно с курсами повышения квалификации специалистов по технологиям термической и химико-термической обработки.

Адрес для переписки:

61108, Украина, Харьков, а/я 10363
E-mail: vacuum_org@kipt.kharkov.ua
v.shulayev@kipt.kharkov.ua
Тел. (057) 335-64-32, 335-63-23
Тел./факс 335-25-45, 335-35-29

Зам. председателя Оргкомитета:

Шулаев Валерий Михайлович
Тел. (057) 335-63-23, тел./факс 335-25-45

Ученый секретарь Оргкомитета:

Редкокаша Александр Петрович
Тел. (057) 335-64-32, факс 335-35-29

Технический секретарь Оргкомитета:

Кириленко Анна Юрьевна
Тел. (057) 335-64-32, факс 335-35-29

Научно-производственная фирма «Техвагонмаш»

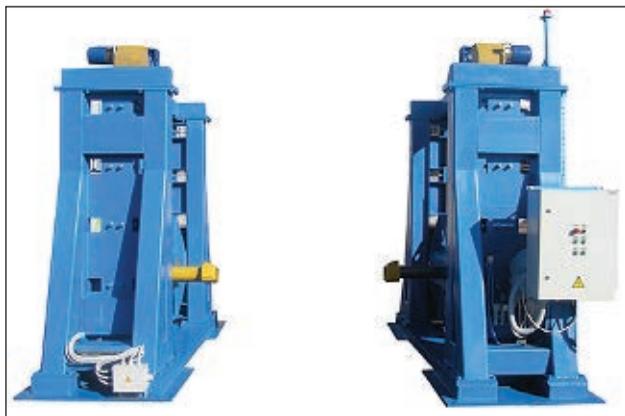
Новое в разработках сборочно-сварочного оборудования

Научно-производственная фирма «Техвагонмаш» (г. Кременчуг) более 40 лет занимается проектированием и изготовлением сборочно-сварочного оборудования, механического сварочного оборудования, автоматизированных сборочно-сварочных линий.

В последнее время были разработаны и внедрены в производство *кантователи нового поколения* с системой слежения за синхронностью подъема изделия (регулировкой скорости и плавности поворота). На кантователях установлена дистанционная система управления, а также светобарьеры безопасности. Модельный ряд по грузоподъемности кантователей и габаритным размерам кантуемых изделий очень широк. Грузоподъемность может колебаться от нескольких сот килограммов до десятков тонн.



Универсальная установка для автоматической сварки секций обшивки крыши пассажирских вагонов



Кантователь для сварки рам полувагонов

Для Тверского вагоностроительного завода изготовлена уникальная *универсальная установка для автоматической сварки секций обшивки крыши* разных моделей вагонов. Сварка на данном стенде производится в автоматическом режиме без участия сварщика с применением оптической системы автоматического слежения за швом по всей длине изделия. Система управления установки выполнена на базе семейства программируемых контроллеров фирмы SIEMENS. В качестве устройства управления и визуализации технологического процесса применена сенсорная графическая цветная панель оператора.

В установке предусмотрена автоматическая переналадка на выпуск восьми моделей обшивки крыш. В случае необходимости существует возможность добавления еще ряда моделей.

Другим примером внедрения прогрессивных технологий является *линия изготовления крышек люков полувагонов* (внедрена на ООО «Вагонмаш», г. Железнодорожск). В данной линии автоматизированы транспортные операции по передаче листа крышки люка на стенд сборки, перемещение узлов по позициям: по конвейеру, с конвейера в накопитель и обратно, что позволяет снизить трудоемкость изготовления крышек люка и долю ручного труда в общем объеме работ. Сокращение количества тяжелых операций позволяет рабочим на линии сконцентрироваться на выполняемых операциях и повышении качества. Система управления линии изготовления крышек люков выполнена также на базе логических модулей фирмы SIEMENS. В качестве устройств управления и сигнализации, силовых контакторов и аппаратов защиты применена эле-



Линия изготовления крышек люков полувагонов



Стенд для автоматической сварки хребтовой балки

ментная база фирмы MOELLER. Использование при сварке *позиционеров шва* позволяет кардинально улучшить условия труда сварщика, избежать сварки в неудобном положении и достичь высокого качества сварного соединения. Проведение полного цикла сварки крышки люка на позиционере и выполнение операций независимо друг от друга не требуют остановки конвейера в случае отсутствия сварщиков на любом из рабочих мест, повышая стабильность работы линии.

В 2006 году фирма готовит к выпуску уникальный *кантователь с «ломающимися» опорами*, позволяющий при сварке кантовать различные двутавровые балки и подобные металлоконструкции.

«Техвагонмаш» постоянно совершенствует оборудование для очистки поверхности металла. Среди новых разработок:

- дробеметные дробеструйные камеры для очистки сварных металлоконструкций;
- дробеметные камеры для очистки отливок, поковок, штамповок;
- дробеметные камеры для очистки труб;
- дробеметные камеры для очистки круглого проката;
- дробеметные камеры для очистки листового и профильного проката;
- линии очистки и консервации металлопроката;
- средства механизации загрузки и выгрузки, транспортирующие устройства.

С 2006 года фирма приступает к выпуску новых малообъемных дробеметных барабанов и аппаратов новой модели по лицензии немецкой фирмы.

Располагая богатым опытом, высококвалифицированными специалистами, собственной производственно-технической базой, тесными связями с десятками научных и производственных организаций, научно-производственная фирма «Техвагонмаш» всегда стремится эффективно, комплексно и оперативно решать многоплановые задачи технического перевооружения.

Фирма «Техвагонмаш» готова к сотрудничеству и рассмотрит предложения по разработке оборудования, организации производства и поставке новых видов продукции.

● #643



Сварочный позиционер



Кантователь для сварки двутавровых балок



Дробеметная камера

Научно-производственная фирма «Техвагонмаш»

39617, Украина, г. Кременчуг Полтавской обл.,
ул. 40 лет Октября, 2/7
Телефон (+38 05366) 2-11-14; 2-11-31.
Факс (+38 0536) 74-34-13
E-mail: market@tvagonm.com.ua
http://www.tvagonm.com.ua

Производители сварочных материалов,

имеющие сертификат соответствия в системе УкрСЕПРО, выданный НТЦ «СЕПРОЗ» (по состоянию на 01.01.2006)

! Уважаемые потребители сварочных материалов! В случае поставки Вам некачественной продукции, изготовленной предприятиями, приведенными в данной таблице, просим направлять претензии с приложением акта идентификации и данных, подтверждающих претензии к качеству, в ГП НТЦ «СЕПРОЗ». Наш адрес: 03680, Киев, ул. Боженко, 11. Тел.: (044) 261-5306, факс: (044) 220-9495.

Наименование предприятия	Город	Сертифицированная продукция	Дата окончания действия сертификата
ООО НПФ «Нефтегазмаш»	Киев	Проволока порошковая ПП-АН1 ПП-Нп-80X20P3T, ПП-Нп-150X15P3T2, ПП-Нп-200X15C1ГРТ, ПП-Нп-14ГСТ ПП-Нп25X5ФМС, ПП-Нп35B9X3CF ПП-Нп45B9X3CF; ПП-Нп18X1Г1М, ПП-Нп30X5Г2СМ, ПП-Нп30X4Г2М	09.05.2006 28.12.2006 02.03.2006 27.10.2006
Малое частное предприятие «Рабица»	Киев	Проволока стальная сварочная Св-08Г2С, Св-08ХМ, Св-10НМА	14.12.2007
МГВП «Гефест»	Киев	Электроды ГЕФЕСТ-6; ГЕФЕСТ-7, НР-70, ЦН-6Л, Т-590, Т-620, НИИ-48Г, НЖ-13, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ОЗЛ-9А, ОЗЛ-25Б, ОЗЛ-17У, ЦЛ-11, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ТМУ-21У, ЦЛ-39, ЦТ-15, ЦУ-5, ЦН-12М, УОНИ 13НЖ, ЦНИИ-4, ЭА-395/9, ЭА-981/15, ЭА-48М/22, ЗИО-8, ЭА-400/10У, ЭА-400/10Т, АНЖР-1, АНЖР-2, ЦЧ-4, Комсомолец-100	27.07.2007
ГП «Научно-инженерный центр материалов для сварки и наплавки ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ»	Киев	Электроды АНО-21	07.07.2006
КНПФ «ЭЛНА»	Киев	Проволока порошковая ПП-АН1, ПП-Нп20Г2ХС, ПП-АН134Г, ПП-Нп14ГСТ, ПП-АН158, ПП-АН154М, ПП-АН155М, ПП-АН163, ПП-АН163М, ПП-Нп30X20МН ПП-АН186, ПП-АН187, ПП-Нп12X13, ПП-АН156М, ПП-АН167, ПП-АН168, ПП-Нп350X8Г4С4Р, ПП-АН185 ПП-Нп20X7ГФМС, ПП-Нп100X15Г2Н2Р, ПП-Нп40X13, ПП-АНЧ-2С, ПП-АНЧ-5М	30.03.2006 29.05.2006 26.10.2006
ГП «Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины»	Киев	Электроды АНО-4, АНО-21, МР-3 АНО-4И, АНО-6У, АНО-36 ЦУ-5, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, ЦЧ-4 Т590 Комсомолец-100 ЦЛ-11, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ТМУ-21У, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У Проволока порошковая ПП-АН59, ПП-АН61, ПП-АН63, ПП-АН69, ПП-АН19, ПП-АН19Н, ПП-АН24С, ПП-АН30 ПП-АН7, ПП-АНВ2у, ПП-АНВ2ум, ПП-Нп-АНВ2ун, ПП-Нп-АНВ2у/2	01.02.2006 13.07.2006 14.12.2006 27.12.2006 25.09.2006 06.09.2006 30.08.2006 13.07.2006
ООО «НВП ВЕЛТЕК»	Киев	Проволока порошковая BeT ПП-Нп14ГСТ ПП-АН1 ПП-АН39	15.12.2006
ООО «ТМ.ВЕЛТЕК»	Киев	Проволока порошковая ПП-АН8, ПП-АН29, ПП-АН1, ППС-ТМВ6, ПП-АНЧ2, ППС-ТМВ7, ППС-АНТ, ППС-ТМВ3, ПП-АН39, BeT ПП-Нп14ГСТ, BeT ПП-Нп35B9X3CF, BeT ПП-Нп60B9X3CF, BeT ПП-Нп80X12РТ, BeT ПП-Нп80X20P3T, BeT ПП-Нп200X15C1ГРТ, BeT ППС-ТМВ57, BeT ПП-Нп10X14Т, BeT ПП-Нп15X14Г, BeT ПП-Нп15X14ГН2М1ФБ, BeT ПП-Нп15X14ГН2, BeT ПП-Нп12X14Н3, BeT ПП-Нп12X13, BeT ПП-Нп25X5ФМС, BeT ППС-ТМВ11, ВЕЛТЕК-Н250-РМ, ВЕЛТЕК-Н290, ВЕЛТЕК-Н300-РМ, ВЕЛТЕК-Н350-РМ, ВЕЛТЕК-Н370-РМ, ВЕЛТЕК-Н370-РМК, ВЕЛТЕК-Н450, ВЕЛТЕК-Н460, ВЕЛТЕК-Н460К, ВЕЛТЕК-Н490, ВЕЛТЕК-Н465, ВЕЛТЕК-Н480, ВЕЛТЕК-Н480К, ВЕЛТЕК-Н480С, ВЕЛТЕК-Н500-РМ, ВЕЛТЕК-Н500-РМК, ВЕЛТЕК-Н505-РМ, ВЕЛТЕК-Н550-РМ, ВЕЛТЕК-Н570, ВЕЛТЕК-Н455, ВЕЛТЕК-Н200, ВЕЛТЕК-Н210У, ВЕЛТЕК-Н220У, ВЕЛТЕК-Н285-РМ, ВЕЛТЕК-Н390, ВЕЛТЕК-Н390С, ВЕЛТЕК-Н400, ВЕЛТЕК-Н410, ВЕЛТЕК-Н420, ВЕЛТЕК-Н470, ВЕЛТЕК-Н471, ВЕЛТЕК-Н472, ВЕЛТЕК-Н479, ППС-ТМВ29, ВЕЛТЕК-Н540, ВЕЛТЕК-Н560, ВЕЛТЕК-Н580, ВЕЛТЕК-Н600, ВЕЛТЕК-Н620, BeT ППС-ТМВ4, BeT ППС-ТМВ14, BeT ППС-ТМВ15, ВЕЛТЕК-Н500-РМУ, ВЕЛТЕК-Н500-РМС, ВЕЛТЕК-Н565, BeT ПП-Нп35B9X3CF Проволока порошковая для сварки под водой ППС-ЭК1, ППС-ЭК2	11.03.2009
ООО «Торговый дом «Плазма ТЕК»	Винница	Электроды АНО-21, АНО-36, МР-3М, Монолит	07.07.2006
ООО «Дубровицкий завод сварочных материалов «Искра»	Дубровица Ровенской обл.	Электроды АНО-4, АНО-21, АНО-29М	15.03.2006
ООО «Укрэлектрод»	Полтава	Электроды АНО-4, АНО-21, АНО-24, МР-3	19.10.2006
ОАО «Крюковский вагоностроительный завод»	Кременчуг Полтавской обл.	Электроды АНО-1, АНО-4, АНО-19М, АНО-24, МР-3, УОНИ 13/45СМ, УОНИ 13/55СМ, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55	16.03.2007
АО «СМНПО им. Фрунзе»	Сумы	Электроды АНО-ТМ, АНО-ТМ/60СХ, АНО-ТМ/60, ЗИО-8, МНЧ-2, НЖ-13, НИИ-48Г, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ОЗЛ-17У, Т-590, Т-620, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ТМУ-21У, УОНИИ 13/45, УОНИИ 13/55, ЦЛ-11, ЦЛ-20, ЦЛ-39, ЦЛ-51, ЦН-6Л, ЦН-12М, ЦТ-15, ЦУ-5, ЭА-400/10У, ЭА-606/11, ЭА-395/9, ЭА-981/15, ЭА-902/14, ЭА-898/21Б, ЭН-60М	24.03.2007
ЗАО «Западпромбуд»	Луцк	Электроды МР-3М	09.12.2006
ООО «ПКФ «Сарбона»	Днепропетровск	Проволока стальная сварочная Св-08, Св-08А	11.04.2006
ЧПКП «Агромаш»	Днепропетровск	Электроды МР-3, МР-3М АНО-4, АНО-6, АНО-27	13.12.2006
ООО «Днепроток - Электрод»	Днепропетровск	Электроды ИТС-4С, ЗИО-8, МНЧ-2, НЖ-13, НИАТ-1, НИИ-48Г, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ОЗЛ-17У, Т-590, Т-620, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ТМУ-21У, ЦЛ-11, ЦЛ-39, ЦНИИ-4, ЦТ-15, ЦТ-28, ЦУ-5, ЦЧ-4, АНО-4, АНО-21, АНО-27, МР-3, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55	30.11.2006
ООО «ЮМИС»	Днепропетровск	Электроды МР-3, МР-3М, АНО-4	28.12.2007

Наименование предприятия	Город	Сертифицированная продукция	Дата окончания действия сертификата
ООО ВТК «ЭРА»	Днепропетровск	Электроды МР-3, АНО-4, УОНИ-13/55	27.12.2007
ЗАО «Днепровские промышленные системы»	Днепропетровск	Электроды МР-3, ВКП-4, ВКП-21, ВКП-24, ВМ-12П, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, ТМУ-21У	30.10.2007
Украинско-латвийское ООО и ИИ «Бадм, ЛТД»	Днепропетровск	Электроды УОНИ-13/55ФК, МР-3, МР-3И, АНО-21, АНО-4, АНО-6, УОНИ-13/45, ДБСК-55	21.04.2007
ООО «Аргента»	Днепропетровск	Электроды АНО-4, АНО-21, МР-3, ЦЛ-11, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, НЖ-13, НИИ-48Г, УОНИ 13/55, УОНИ 13/55СМ	17.07.2007
ООО «Днепростройкомплект»	Днепропетровск	Электроды АНО-4, МР-3, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, Т-590, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ЦЛ-11, ЭН-60М, НР-70	25.01.2007
ООО «Мендол»	Днепропетровск	Электроды АНО-4	19.01.2007
Учебно-производственное предприятие УТОГ	Днепропетровск	Проволока стальная сварочная Св-08, Св-08А	20.07.2006
ООО «Универсал-Центр»	пгт. Юбилейное Днепропетр. обл.	Электроды АНО-4, МР-3, АНО-27, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55 Проволока стальная сварочная Св-08, Св-08А, Св-08Г2С	28.02.2007
ООО ПКП «Украинская южная компания»	Николаев	Электроды УОНИИ-13/45А, УОНИИ-13/55, ИТС-4с, МР-3	27.07.2007
ОАО «Стальканат»	Одесса	Проволока стальная сварочная Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-08Г1НМА, Св-08Г2С, Св-08Г2С-О, Св-08ХМ, Св-08ХМ-О	16.03.2006
ООО «Метиз-Трейд»	Запорожье	Проволока стальная сварочная Св-08Г2С, Св-08Г2С-О	02.12.2006
Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий	Запорожье	Флюсы АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АД, АН-348-АДМ, АН-348АП, АН-348-АПМ, АН-348-В, АН-348-ВМ, АН-348-ВД, АН-348-ВДМ, АН-348-ВП, АН-348-ВПМ, АН-47, АН-47М, АН-47Д, АН-47ДМ, АН-47П, АН-47ПМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, ОСЦ-45ДМ, ОСЦ-45Д, ОСЦ-45П, ОСЦ-45ПМ, АНЦ-1А, АНЦ-1АМ, АНЦ-1АД, АНЦ-1АДМ, АНЦ-1АП, АНЦ-1АПМ, АН-60 Силикат Na	31.07.2007 25.02.2006
ЧП «Бриг-плюс»	Запорожье	Электроды АНО-4, МР-3, АНО-21, АНО-24	10.01.2007
ОАО «Запорожский сталепрокатный завод»	Запорожье	Проволока стальная сварочная Св-08, Св-08А, Св-08Г2С, Св-08Г2С-О Св-08ГА	13.03.2006
ООО ПНФ «Галэлектросервис»	Львов	Электроды АНО-4, УОНИ 13/55	08.02.2006
ООО «Полимет»	Донецк	Электроды АНО-4, АНО-21, АНО-24, АНО-4Ж, МР-3М, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, УОНИ 13/45СА, УОНИ 13/55СМ	10.02.2007
ООО «АРКСЭЛ»	Донецк	Электроды АНЖР-1, АНЖР-2, АНЖР-3У, АРК-25, АРК-51, ГЕФЕСТ-6, ГЕФЕСТ-7, ЗИО-8, Комсомолец-100, НИАТ-5, НЖ-13, НЖ-13Р, НИИ-48Г, НИИ-48ГР, НР-70, ОЗЛ-6, ОЗЛ-6Р, ОЗЛ-8, ОЗЛ-8Р, ОЗЛ-9А, ОЗЛ-17У, ОЗЛ-25Б, ОЗН-300М, ОЗН-400М, Т-590, Т-620, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ТМУ-21У, УОНИ-13НЖ, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ЦЛ-11, ЦЛ-11Р, ЦЛ-17, ЦЛ-25/1, ЦЛ-39, ЦН-2, ЦН-6Л, ЦН-12М, ЦН-24, ЦНИИН-4, ЦТ-15К, ЦТ-28, ЦУ-5, ЦЧ-4, ЭА-48М/22, ЭА-395/9, ЭН-60М, ЭА-400/10Т, ЭА-400/10У, ЭА-981/15, МНЧ-2, НИАТ-1, УОНИ-13/85, ОЗЧ-4, ЦЛ-25/2, ЦТ-10, ЭА-400/13, ЭА-606/11, УОНИ-13/НЖ-2, КТИ-7 Проволока порошковая ПП-АС2, ПП-АС4, ПП-АС5, ПП-АС10, ПП-АС10Н, ПП-Нп-14ГСТ, ПП-Нп-19ГСТ, ПП-Нп-10Х14Т, ПП-Нп25Х5ФМС, ПП-Нп30Х5Г2СМ, ПП-Нп30Х4В2М2ФС, ПП-Нп35В9Х3СФ, ПП-Нп200Х15С1ГРТ, ПП-Нп80Х20Р3Т, ПП-Нп150Х15Р3Т2, ПП-Нп30Х4Г2М, ПП-Нп90Г13Н4, ПП-Нп10Х17Н9С5ГТ, ПП-Нп30Х2М2ФН, ПП-Нп35Х6М2, ПП-Нп12Х12Г12СФ, ПП-Нп30Х14М, ПП-Нп30Х14Т, ПП-Нп10Х13Г13АФТ, ПП-Нп10Х16Н4ГМ2ФТ, ПП-Нп60Х3В10ФТ, ПП-Нп10Х17Т, ПП-Нп17ХГ2Т, ПП-Нп35Х14, ПП-Нп12Х13, ПП-Нп12Х13ГН2М2ФБ, ПП-Нп07Х12Г2М3Н3, ПП-Нп10Х16Г4Н4М2ФТ, ПП-Нп12Х13Н2МФА, ПП-Нп12Х14Н3, ПП-Нп08Г2СН2М, ПП-Нп08ХМФА, МEGAFIL 713R, Проволока стальная сварочная Св-04Х19Н9, Св-06Х19Н9Т, Св-04Х19Н11М3, Св-10Х16Н25АМ6, Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2, Св-08Г2С, Св-08Г2С-О	11.04.2007
НПП ООО «Адьюстаж»	Донецк	Проволока стальная сварочная Св-08А, Св-08Г2С	05.10.2007
ООО «Донтехмет»	Донецк	Электроды АНО-4, АНО-4Ж, АНО-21, АНО-24, УОНИ 13/45, УОНИ 13/45СМ, УОНИ 13/55, УОНИ 13/55СМ	19.01.2006
НП ООО с ИИ «ДОНИКС»	Донецк	Проволока стальная сварочная Св-10Г2 Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-08ГА-О, Св-08Г2С, Св-08Г2С-О, Св-08ХМ, Св-08ХМ-О, Св-10ГН, Св-18ХГС, Св-10НМА, Св-10НМА-О, Св-08Г1НМА, Св-08Г1НМА-О Проволока стальная наплавочная Нп-30ХГСА, Нп-65Г	15.06.2006 14.12.2006 14.12.2006
ООО «ЭЛОД»	Краматорск Донецкой обл.	Электроды УОНИ 13/55 13ХН/ЛИФТ	19.07.2006
ООО «Сбормаш»	Краматорск Донецкой обл.	Электроды МР-3, МР-3М, УОНИ 13/55	09.06.2006
Частный предприниматель Саркисов Е. Н.	Мариуполь	Электроды МР-3, АНО-4	18.03.2006
ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича»	Мариуполь	Электроды АНО-4, МР-3, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55	07.12.2006
ОАО «МЗТМ»	Мариуполь	Электроды УОНИ 13/45, УОНИ 13/55	15.04.2006
ООО «Интеразов»	Мариуполь	Проволока стальная сварочная Св-08А, Св-08ГА, Св-08Г2С	13.04.2006
ЗАО «Индустрия»	Луганск	Электроды АНО-4, АНО-21, АНО-27, УОНИ 13/55	23.03.2006
ТОВ «Електромаш»	Стаханов	Электроды АНО-4	31.07.2006

Наименование предприятия	Город	Сертифицированная продукция	Дата окончания действия сертификата
ОАО «АО Спецэлектрод»	Москва	Электроды ОЗС-4, ОЗС-4И, ОЗС-6, ОЗС-12, ОЗС-12И, ОЗС-11, МР-3, МР-3М, ОЗС-3, АНО-4, АНО-4М, АНО-21, ОЗС-30, ОЗС-32, АНО-11, ВСЦ-4М, УОНИ-13/55, УОНИ-13/55К, УОНИ-13/55У, УОНИ-13/45, УОНИ-13/45А, УОНИ-13/65, УОНИ-13/85, УОНИ 13/НЖ/12Х13, УОНИ-13/55ТЖ, ОЗС-16, ОЗС-18, ОЗС-23, ОЗС-24М, ОЗС-25, ОЗС-33, ОЗС/ВНИИСТ-27, ЦЛ-17, ЦЛ-39, ЦУ-5, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ТМУ-21У, ВСФ-65У, ЦЛ-20, ЦЛ-20М, ЦУ-2ХМ, 48Н-1, 48Н-11, 48Н-25, 48Н-15, Н-17, НИАТ-3М, ВИ-10-6, АНЖР-1, АНЖР-2, ЦТ-28, ИМЕТ-10, КТИ-7А, ОЗЛ-9А, ГС-1, ВИ-ИМ-1, ЦЛ-9, ОЗЛ-2, ОЗЛ-3, ОЗЛ-5, ОЗЛ-7, ОЗЛ-14, ОЗЛ-14А, ОЗЛ-20, ОЗЛ-21, ОЗЛ-22, ОЗЛ-25Б, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28, ОЗЛ-32, ОЗЛ-35, ОЗЛ-38, ОЗЛ-40, ОЗЛ-41, ЦЛ-11, ЦЛ-11/СЭ, ЦТ-15, ОЗЛ-6, ОЗЛ-6С, ОЗЛ-6СЭ, ЦЛ-25/1, ЗИО-8, ОЗЛ-8, ОЗЛ-8С, НИАТ-1, ОЗЛ-17У, ОЗЛ-36, ОЗЛ-37-2, НИАТ-5, НИАТ-5/СЭ, ЭА-395/9, ЭА-981/15, ЭА-400/10У, ЭА-400/10Т, ЭА-400/10СЭ, НЖ-13, НЖ-13С, НЖ-13СЭ, НИИ-48Г, ЭА-898/21Б, ЭА-606/11, ЭА-48М/22, ОЗЛ-312, ОЗЛ-310, ОЗИ-6, ЭН-60М, УОНИ-13/НЖ (20Х13), Т-590, ОЗН-6, ОЗН-7, ОЗН-7М, ЦНИИН-4, ЦН-6Л, ЦН-12М, ОЗН-300М, ОЗН-400М, ОЗШ-1, ОЗШ-2, ОЗШ-3, ОЗШ-8, ОЗИ-3, ОЗИ-5, ВСН-6, ОЗН/ВСН-9, Т-620, ЭНУ-2, ЦЧ-4, МНЧ-2, ОЗЧ-6, ОЗЧ-3, ОЗЧ-2, ОЗЧ-4, Комсомолец-100, АНЦ/ОЗМ-3, ОЗБ-2М, ОЗБ-3, В-56У, ОЗА-1, ОЗА-2, ОЗАНА-1, ОЗАНА-2, ОЗР-1, ОЗР-2	20.07.2010
ОАО «Лосино-островский электродный завод»	Москва	Электроды ЛЭЗУОНИ-13/55, ЛЭЗАНО-4Т, ЛЭЗОЗС-4Т, ЛЭЗМР-3, ЛЭЗОЗС-4, ЛЭЗАНО-4, ЛЭЗОЗС-12, ЛЭЗОЗС-6, ЛЭЗУОНИ-13/45, ЛЭЗТМУ-21У, ЛЭЗЦУ-5, ЛЭЗУОНИ-13/65, ЛЭЗУОНИ-13/55У, ЛЭЗЛБгг, ЛЭЗВИ-10-6/Св-08А, ЛЭЗМР-3А, ЛЭЗМР-3С, ЛЭЗМР-3Т, ЛЭЗТМЛ-1У, ЛЭЗТМЛ-3У, ЛЭЗТМЛ-5, ЛЭЗЦЛ-17, ЛЭЗУОНИ-13/85, ЛЭЗУОНИ-13/85У, ЛЭЗНИАТ-3М, ЛЭЗЦЛ-11, ЛЭЗОЗЛ-7, ЛЭЗОЗЛ-8, ЛЭЗОЗЛ-6, ЛЭЗНЖ-13, ЛЭЗЦТ-15, ЛЭЗЭА-395/9, ЛЭЗЭА-400/10У, ЛЭЗОЗЛ-36, ЛЭЗАНЖР-1, ЛЭЗЦЛ-9, ЛЭЗНИАТ-5, ЛЭЗНИИ-48Г, ЛЭЗОЗЛ-9А, ЛЭЗАНЖР-2, ЛЭЗОЗЛ-19, ЛЭЗОЗЛ-20, ЛЭЗУОНИ-13/НЖ/12Х13, ЛЭЗОЗЛ-17У, ЛЭЗЭА-981/15, ЛЭЗНИАТ-1, ЛЭЗОЗЛ-25Б, ЛЭЗЦТ-28, ЛЭЗ-8, ЛЭЗОЗЛ-5, ЛЭЗЦЛ-9, ЛЭЗ-99, ЛЭЗ-29/9, ЛЭЗ-11, ЛЭЗТ-620, ЛЭЗТ-590, ЛЭЗ-4, ЛЭЗЦНИИН-4, ЛЭЗЦН-6Л, ЛЭЗНР-70, ЛЭЗОЗН-6, ЛЭЗОЗН-300М, ЛЭЗУОНИ-13/НЖ/20Х13, ЛЭЗОЗН-400М, ЛЭЗНЧ-2, ЛЭЗЦЧ-4, ЛЭЗОЗЧ-2, ЛЭЗОЗЧ-6, ЛЭЗАНЦ/ОЗМ-3, ЛЭЗКомсомолец-100, ЛЭЗОЗР-1	29.07.2006
ЗАО «Северсталь-метиз» (ОАО «ОСПАЗ»)	Череповец Вологодской обл. (Орел)	Электроды АНО-ТМ, АНО-21, МР-3, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, УОНИИ 13/45А	12.06.2007
ЗАО «Электрод»	Железногорск	Электроды ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ЦЛ-11, ЦТ-15, НЖ-13, ОЗЛ-17У, Комсомолец-100, ЖЗЛ-1, ЖЗЛ-6, ЖЗЛ-8, ЖЗЛ-11, ЖЗЛ-15, ЖЗЛ-400, ЖЗЛ-НЖ/13, ОЗЛ-9А, ЭА-395/9, ЭА-400/10У, АНЖР-1, АНЖР-2, ОЗЧ-2, ОЗЧ-6, ЦЧ-4, МНЧ-2, ЦЛ-9, ОЗЛ-5, ОЗЛ-7, НИАТ-5, ОЗЛ-25Б, ЦТ-36, ЦТ-28, УОНИ-13/НЖ/Св-12Х13, ОЗЛ-22, ОЗЛ-36, НИИ-48Г, НИАТ-1, ЦН-6Л, ЦН-12М-67, НР-70, Т-590, Т-620, УОНИ-13/НЖ/Св-20Х13, ОЗН-300М, ЦНИИН-4, ТМУ-21У, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, МР-3, ОЗС-4, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, АНО-4, АНО-11, ОЗС-12, ЦЛ-17, ЦУ-5, УОНИ-13/85	01.06.2006
ЗАО «Электродный завод»	С.-Петербург	Электроды АНО-4, ЗИО-8, Комсомолец-100, ЛПИ-73, МР-3, МНЧ-2, НЖ-13, НИИ-48Г, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ОЗЛ-9А, ОЗС-12, Т-590, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ТМЛ-5, ТМУ-21У, ТМУ-46, УОНИИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИ-13/65, УОНИ-13/45А, УОНИИ-13/НЖ, УОНИ-13/85, УОНИ-13/Н1-БК, УОНИИ-13/45Р, УОНИИ-13/55Р, ЦЛ-11, ЦЛ-39, ЦН-6Л, ЦН-12М, ЦТ-15, ЦУ-5, ЦУ-5М, ЦЧ-4, ЭА-395/9, ЭА-400/10Т, ЭА-400/10У, ЭА-981/15, 48ХН-5	09.02.2006
ОАО «Межгосметиз-Мценск»	Мценск	Электроды АНО-ТМ, АНО-36, ЗИО-8, Комсомолец-100, МНЧ-2, МР-3, МР-3М, НИИ-48Г, ОЗА-1М, ОЗА-2М, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ОЗЛ-9А, Т-590, ТМЛ-3У, ТМУ-21У, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИИ-13/45А, ЦЛ-6, ЦЛ-9, ЦЛ-11, ЦТ-15, ЦУ-5, ЦЧ-4, ЭА-395/9, ЭА-400/10У, ЭА-400/10Т, МГМ-50К Проволока стальная сварочная Св-08ГС, Св-08Г2СА, SG-2	18.03.2008
Фирма «Bohler Schweissttechnik»	Австрия	Электроды FOX CEL, FOX CEL Мо, FOX CEL 85, FOX CEL 90, FOX Eti, FOX EV PIPE, FOX EV 47, FOX EV 50, FOX EV 50-W, FOX EV 55, FOX EV 60 PIPE, FOX EV 65, FOX EV 75, FOX P 92, FOX HL 180 Ti, FOX NUT, FOX OHV, FOX SPE, FOX SPEM, FOX CM 2 Kb, FOX CM 5 Kb, FOX CM 9 Kb, FOX C 9 MV, FOX C 9 MVW, FOX G C 9 MVW, FOX DCMS Kb, FOX DCMV, FOX DMO Kb, FOX DMV 83 Kb, FOX EV 60, FOX EV 63, FOX EV 85, FOX 2, 5 Ni, FOX 20 MVW, FOX DMO Ti, FOX NiCuCr, FOX EV 70, FOX EV 70 Мо, FOX MS U, FOX BVD 100, FOX BVD 110, FOX BVD 85, FOX BVD 90, FOX BVD RP, FOX CM 2Ti, FOX DCMS Ti, FOX HL 160 Ti, FOX HL180 Kb, FOX KE, FOX KES, FOX MST, FOX MSU, FOX RDA, FOX SUS, FOX TMF, FOX U 80N, FOX AM 400, FOX AM 500, FOX AS 2A, FOX AS4-A, FOX ASN 5, FOX A7, FOX A7-A, FOX A 9M, FOX CN 13/1, FOX CN 13/4, FOX CN 13/6, FOX CN 16/13, FOX CN 16/6M-HD, FOX CN 17/4PH, FOX CN 18/11, FOX CN 18/16 M-A, FOX CN 19/9M, FOX CN 20/25 M, FOX CN 13/4 SUPRA, FOX CN 29/9 SUPRA, FOX CN 29/9, FOX CN 20/25 M-A, FOX CN 22/9 N, FOX CN 23/12-A, FOX CN 23/12 Мо-A, FOX CN 29/9-A, FOX EAS 2-A, FOX EAS 2 Si, FOX EAS 4 M-A, FOX EAS N 25 M, FOX FF, FOX FF-A, FOX FA, FOX 2-VD, FOX SAS 2R, FOX FFB, FOX E 308H, FOX EAS 4M-TS, FOX EAS 4M-VD, FOX FFB-A, FOX FFB 400, FOX KW 10, FOX NIBAS 625, FOX NIBAS 70/20, FOX SAS 2-A, FOX SAS 2, FOX SAS 4, FOX SAS 4M, FOX SAS 4-A, FOX SKWA, FOX SKWAM, FOX EAS 2, FOX EAS 2-TS, FOX EV 70 PIPE, FOX EV 100, FOX P92 Проволоки сплошного сечения EMK 6, EMK 8, EMS 2, EMS 3, CM 2-IG, CM 5-IG, CN 18/11-IG, DCMS-IG, DMO-IG, DMV 83-IG, NI CR MO 2, 5-IG, NI MO 1-IG, X 70-IG, X 90-IG, 2, 5 NI-IG, 20 MVW-IG, CM 9-IG, DCMS, DMO, CM 2-UP, CM 5-UP, C 9 MV-UP, C 9 MV-UP, EMS 2 CR MO, EMS 2 MO, EMS 3 MO, NI 2-UP, 20 MVW-UP, A7-IG, CN 13/4-IG, CN 20/25 M-IG(Si), CN 22/9 N-IG, CN 23/12-IG, EAS 2-IG (Si), EAS 4 M-IG (Si), FFB-IG, FF-IG, KWA-IG, KW 10-IG, KW5 NB-IG, NIBAS 625 IG, NIBAS 70/20-IG, SAS 2-IG (Si), SAS 4-IG (Si), SKWA-IG, SKWAM-IG, ASN 5-IG, EAS 2-IG, EAS 4 M-IG, SAS 2-IG, SAS 4-IG, A7-UP, CN 13/4-UP, CN 20/25M-UP, EAS 2-UP, EAS 4M-UP, SAS 2-UP, SAS 4-UP, SKWAM-UP, SKWA-UP Проволока порошковая HL 50-FD, HL 51-FD, HL 52-FD, HL 53-FD, Kb 52-FD, Ti 52-FD, Ti 60 FD, CN 13/4-FD, CN 13/4-MC, CN 22/9 N-FD, CN 22/9 PW-FD, CN 23/12-FD, CN 23/12 PW-FD, CN 23/12-Mo PW -FD, CN 23/12 Mo-FD, EAS 2-FD, EAS 4M-FD, EAS 4M PW-FD, EAS 2 PW-FD, SAS 2 PW-FD, Nibas 70/20-FD, Nibas 70/20 PW-FD, SAS 4 -FD, SAS 4 PW-FD, PIPR SHILD 71T8-FD	15.05.2008

Наименование предприятия	Город	Сертифицированная продукция	Дата окончания действия сертификата
Фирма «Soudokay S.A.»	Бельгия	Проволока порошковая SK 14Mn-O, SK 089-O, SK 162-O, SK 19.17.5L-O, SK 218-O, SK 219-S, SK 228-G, SK 228-O, SK 240-O, SK 242-O, SK 242-S, SK 250-G, SK 252-O, SK 252-S, SK 255-O, SK 255-S, SK 256-O, SK 257-O, SK 258 TiC-G, SK 258L-O, SK 258L-SA, SK 258-O, SK 258-SA, SK 258TiC-O, SK 260-M, SK 262-M, SK 263-SA, SK 275-O, SK 307-G, SK 309Mo-O, SK 309-O, SK 350-G, SK 350-O, SK 370-O, SK 385-SA, SK 402-G, SK 402-O, SK 402-S, SK 410C-G, SK 410NiMo-SA, SK 415-O, SK 415-SA, SK 420-M, SK 420-O, SK 420-SA, SK 430C-SA, SK 430-G, SK 430NiMo-SA, SK 430-O, SK 450-G, SK 460-O, SK 461-SA, SK 500-G, SK 519-G, SK 600-G, SK 624-O, SK 625-G, SK 650-G, SK 740-SA, SK 741-G, SK 741-O, SK 785-O, SK 795-O, SK 797-O, SK 820-O, SK 825-M, SK 828-M, SK 830-MF, SK 835-G, SK 840-MF, SK 845-G, SK 848-M, SK 850-MF, SK 856-G, SK 858-M, SK 860-MF, SK 865-G, SK 866-O, SK 868-M, SK 878-M, SK 900 Ni-G, SK 900-O, SK A 43-S, SK A 45-S, SK A 70-G, SK A12-O, SK A40-O, SK A43-O, SK A45-O, SK A45W-O, SK A46-O, SK A67-O, SK AP-G, SK AP-O, SK AP-OSP, SK AP-S, SK BU-O, SK BU-C1, SK BU-S, SK CrMo15-SA, SK CrNi-25-4-G, SK D 35-S, SK D11-G, SK D12-G, SK D15-G, SK D16-G, SK D20-G, SK D25-G, SK D35-G, SK D40-G, SK D7-G, SK D8-G, SK FN-G, SK FNM-G, SK FNMS-G, SK NiCr3-G, SK SOUDOCORE 55-NiO, SK STELKAY 1 G, SK STELKAY 12 G, SK STELKAY 21-G, SK STELKAY 21L-G, SK STELKAY 25-G, SK STELKAY 50-G, SK STELKAY 6 AG, SK STELKAY 6 G, SK TOOL-ALLOY C-G, SK TOOL-ALLOY Co-G, SK TUBINOX-G307, SK U520Co-G, SK U520-G, SK U520-G SP Флюсы RECORD SB, RECORD 13 BLFT, RECORD CuAlW, RECORD CuNi30T, RECORD CuNiW, RECORD EST 122, RECORD EST 122 Mo, RECORD EST 126, RECORD EST 136, RECORD EST 200, RECORD EST 201, RECORD EST 236, RECORD EST 259, RECORD EST 308-1, RECORD EST 316-1, RECORD EST 317-1, RECORD EST 347-1, RECORD EST 385-1, RECORD EST 400, RECORD EST 423, RECORD EST 426, RECORD EST 452, RECORD IN, RECORD IND 24, RECORD IND 24-F, RECORD IND 27, RECORD INT 101, RECORD INT 101 Mo, RECORD INT 102, RECORD INT 109, RECORD INT 316, RECORD NFT 201, RECORD NiCr3TQ5, RECORD NiCrW, RECORD NiCrW 412, RECORD NiCuT, RECORD NiCuW, RECORD NiT, RECORD R250, RECORD R400S, RECORD RT 146, RECORD RT 152, RECORD RT 157, RECORD RT 159, RECORD RT 162, RECORD RT 178 RECORD RT 182, RECORD RT 250, RECORD RT 350, RECORD RT 400 D, RECORD S 46T, RECORD SA, RECORD SF, RECORD SK, RECORD SNI, RECORD SO, RECORD SR Ленты Soudotape A, Soudotape 20.25.5 LCu, Soudotape 21.11 LNb, Soudotape 21.13.3 L, Soudotape 22.11 L, Soudotape 22.6.3 L, Soudotape 22.9.3 L, Soudotape 24.12 LNb, Soudotape 308 L, Soudotape 309 L, Soudotape 310 MM, Soudotape 316 L, Soudotape 347, Soudotape 410 L, Soudotape 410 NM, Soudotape 420, Soudotape 430, Soudotape 430 L, Soudotape 430 LNi, Soudotape 625, Soudotape 825, Soudotape B, Soudotape CuNi30, Soudotape NiCr3, Soudotape NiCr3H, Soudotape NiCrMo22, Soudotape NiCrMo4, Soudotape NiCrMo59, Soudotape NiCrMo7, Soudotape NiCu7, Soudotape NiTi, Soudotape S 258, Soudotape S 307, Soudotape S 309 LNb, Soudotape S 32.27, Soudotape SCoCr21, Soudotape SCoCr6, Soudotape SCrNi26.22Mn, Soudotape SCrNi32.27Mn	11.03.2009
«Bohler Thyssen Schweiss-technik»	Германия	Электроды Phoenix 120 K; Phoenix SH Ni 2 K 130; Phoenix Chromo 5; Phoenix 6013; Phoenix SH Schwarz 3 K; Phoenix Chromo 9 V; Phoenix 7018; Phoenix SH Schwarz 3 K Ni; Thermanit MTS 3; Phoenix K 50; Phoenix SH Schwarz 3 KR; Thermanit MTS 4; Phoenix K 50 R; Phoenix SH Schwarz 3 MK; Thermanit MTS 616; Phoenix K 50 R Mod.; Phoenix SH Schwarz 3 T; Thermanit MTS 911; Phoenix SH Chromo 2 KS; Phoenix SH Schwarz 3 TR; Thermanit Nicro 182; Phoenix SH Kupfer 1 K; Thermanit 17/15 TT; Thermanit Nicro 82; Phoenix SH Kupfer 1 KC; Thermanit 19/15 H; Thermanit Nimo C; Phoenix SH Kupfer 1 TR; Phoenix Blau Mo; Thermanit Nimo C 22; Phoenix SH Kupfer 3 K; Thermanit 21/33 So; Thermanit Nimo C 24; Phoenix SH Kupfer 3 KC; Thermanit 22/09; Thermanit Nimo CW; Phoenix SH Grun K 70; Thermanit 25/22 H; Phoenix NiMo 100; Phoenix SH V 1; Thermanit 30/40 E; Thermanit 20/25 CuW; Phoenix SH V 370; Thermanit 617; Thermanit 21/33; Phoenix SH Lila R; Thermanit 625; Thermanit 20/25 Cu; Phoenix SH Ni 2 K 70; Phoenix Chromo 1; Thermanit 35/45 Nb; Phoenix SH Ni 2 K 90; Phoenix Cromo 1 K; Thermanit 25/35 R; Phoenix SH Ni 2 K 100; Phoenix Chromo 2 V; Thermanit 13/65 TTW 150 Thermanit CM; Phoenix Chromo 3 V Проволока Thermanit 13/04 Si; Thermanit MTS 3; Thermanit GE-316L Si; Thermanit 17/15 TT; Thermanit MTS 4 Si; Thermanit GE-316L Thermanit 19/15 H; Thermanit MTS 616; Thermanit C Si; Thermanit 20/25 Cu; Thermanit MTS 911; Union SG 2-H; Thermanit 21/33 So; Thermanit ATS 4; Union SG 3-H; Thermanit 22/09; Thermanit HE; Thermanit 1720; Thermanit 25/14 E-309L; Thermanit HE Si; Thermanit 1740; Thermanit 25/22 H; Thermanit 14 K; Thermanit JE-308L Si; Thermanit 30/40 E; Thermanit Nicro 82; Thermanit JE-308L; Thermanit 617; Thermanit Nimo C; Thermanit 18/17 E; Thermanit 625; Thermanit Nimo C 22; Thermanit 20/10; Thermanit 686; Thermanit Nimo C 24; Union I 1, 2 Ni; Thermanit A; Thermanit X; Union I 2; Thermanit A Si; Union S2; Union I 2, 5 Ni; Thermanit H Si; Thermanit 35/45 Nb; Union I 52; Thermanit H-347; Thermanit 25/35 R; Union I CrMo Флюсы UV 306; UV 421 TT; Marathon 431; UV 400; Marathon 104; Marathon 543; UV 480 TT; Marathon 213; Marathon 444	20.07.2010
Фирма «UTP Schweiß-material GmbH & Co. KG»	Германия	Проволока стальная сварочная UTP A 32, UTP A 34N, UTP A47, UTP A48, UTP A 63, UTP A 68 MoLC, UTP A 68 LC, UTP A 80 Ni, UTP A 80 M, UTP A 320, UTP A381, UTP UP 63, UTP A387, UTP A495, UTP A 651, UTP A 660, UTP A 661, UTP A 673, UTP A 1915 HST, UTP A 2535 Nb, UTP A 5520 Co, UTP UP 651, UTP A 6170 Co, UTP A 6222 Mo, UTP A 6225 Al, UTP A 6824 MoLC, UTP A 7015 Mo, UTP A Celsit 706, UTP A Celsit 712, UTP A DUR 250, UTP A DUR 350, UTP A DUR 600 Проволока порошковая UTP AF 068 HH, UTP AF A7, UTP AF CELSIT 721, UTP AF CELSIT 706, UTP AF CELSIT 712, UTP AF CELSIT 701, UTP AF BMC, UTP AF LEDURIT 60, UTP AF LEDURIT 68, UTP AF Antinit DUR 300, UTP 1 M, UTP 1 MR, UTP 11 M, UTP 11 MR, UTP AF LEDURIT 70, UTP AF LEDURIT 76, UTP AF DUR 250, UTP AF DUR 350, UTP AF DUR 600, UTP AF DUR 600 MP, UTP AF DUR 650, UTP AF DUR 650 MP, Thermanit 19/15H, UTP AF Antinit DUR 500, UTP 6 M, UTP 6 MR, UTP 2 M, UTP 2 MR, UTP 7 M, UTP 3034 M, UTP 3040 M, UTP 3044 M, UTP 306 M, UTP 31 NM, UTP 3 M, UTP 3046 M, UTP 57 Pa, UTP 570 Pa, UTP 573 Pa, UTP Neosil M, UTP Neosil MR Электроды UTP 8, UTP 32, UTP 34, UTP 34N, UTP 39, UTP 47, UTP 48, UTP 49, UTP 63, UTP 68 LC, UTP 68 MoLC, UTP 73 G2, UTP 73 G3, UTP 73 G4, UTP 75, UTP 80M, UTP 80Ni, UTP 82Ko, UTP 86 FN, UTP 83 FN, UTP 85 FN, UTP 8 C, UTP 88 H, UTP 8 NC, UTP 888, UTP 8 Ko, UTP 84 FN, UTP 81, UTP 807, UTP 5D, UTP 5E, UTP 1817, UTP 68 H, UTP 68 Kb, UTP 6820, UTP 6805 Kb, UTP 68 HKb, UTP 6809 MoKb, UTP 320, UTP 343, UTP 387, UTP 389, UTP485, UTP 673, UTP 690, UTP 694, UTP 702, UTP 776 Kb, UTP 1915 HST, UTP 2133 Mn, UTP 2522 Mo, UTP 2535 Nb, UTP 3422, UTP 5520 Co, UTP 6225 Al, UTP 6824 MoLC, UTP 6824 LC, UTP 6824 , UTP 6635, UTP 63 Kb, UTP 6302, UTP 68, UTP 6820 Nb, UTP 6820 LC, UTP 68 Mo, UTP 6820 MoNb, UTP 6820 MoLC, UTP 683 LC, UTP 68 TiMo, UTP 1925, UTP 684 MoLC, UTP 6808 Mo, UTP 6808 MoKb, UTP 6809 Mo, UTP 6810 MoKb, UTP 6807 MoCuKb, UTP 7000, UTP 7010, UTP 7015, UTP 7015 Mo, UTP 7200, UTP BMC, UTP CELSIT 721, UTP CELSIT 706, UTP CELSIT 712, UTP GNX-HD, UTP Antinit DUR 300, UTP Antinit DUR 500, UTP CHRONOS, UTP CELSIT V, UTP CELSIT SN, UTP 63, UTP 630, UTP 65, UTP 65 D, UTP 651, UTP 653, UTP 3033 W, UTP 3545 Nb, UTP 2949 W, UTP 5048 Nb, UTP 6202 Mo, UTP 6802 Mo, UTP 66, UTP 6615, UTP 660, UTP 6655 Mo, UTP 684 LC, UTP 68 MoLCHL, UTP 68 LCKb, UTP 68 NbKb, UTP 68 MoLCKb, UTP 68 MoNbKb, UTP DUR 250, UTP DUR 300, UTP DUR 350 UTP DUR 400, UTP DUR 600, UTP DUR 650 Kb, UTP 068 HH, UTP LEDURIT 60, UTP LEDURIT 61, UTP LEDURIT 65, Thermanit 19/15H, UTP 670, UTP 67 S, UTP 82, UTP 82 AS, UTP 68 HH, UTP 7015 NK, UTP 6218 Mo, UTP 665, UTP 672, UTP 661, UTP 711 B, UTP 7100, UTP 700, UTP 7008, UTP 3127 LC, UTP 759 Kb, UTP 4225, UTP 7015 HL, UTP 7017 Mo, UTP 7013 Mo, UTP 703 Kb, UTP 704 Kb, UTP 722 Kb, UTP 32 W, UTP 750, UTP 730, UTP 6809 MoCuKb, UTP 6208 Mo, UTP 6222 Al, UTP 7200, UTP DVR550W, UTP AF 3436, UTP AF Ledurid 520, UTP AF DUR 550MD, UTP AF 8051Mn, UTP AF 690, UTP AF 750, UTP AF 5520 Co	15.05.2008
«Drahtzug Stein wire & welding»	Германия	Электроды MEGAFIL 710 M, MEGAFIL 713 R, MEGAFIL 731 B, MEGAFIL 822R SDA 2, SDA S2	01.09.2006 15.11.2006

Наим. пр-тия	Город	Сертифицированная продукция	Дата окончания действия сертификата
«Castolin GmbH»	Германия	<p>Электроды Castolin 71D, EutecTrode 6666N, EutecTrode 35056, EutecTrode 35066, EutecTrode 35076, EutecTrode 35077, EutecTrode 35078, EutecTrode 35086, EutecTrode 35088, EutecTrode 35089, EutecTrode 35200, EutecTrode 35253, EutecTrode 35273, Castolin CP 33516, Castolin CP 33800, Castolin 6825, Castolin 5088, Castolin Xuper AbraTec 6088, EutecTrode E307-17, EutecTrode E308L-17, EutecTrode E308L-17/VD, EutecTrode E309L-17, EutecTrode E309MoL-17, EutecTrode E310-17, EutecTrode E312-17, EutecTrode E316L-17, EutecTrode E316L-17VD, EutecTrode E317L-17, EutecTrode E318-17, EutecTrode E347-17, EutecTrode E383-17, EutecTrode E385-17, EutecTrode E2209-17</p> <p>Проволоки сплошного сечения CastoMag 45640 Ti, CastoMag 45250, CastoMag 45252, CastoMag 45253, CastoMag 45254, CastoMag 45255, CastoMag 45257, CastoMag 45258, CastoMag 45273, CastoMag 45500 S, CastoMag 45503 S, CastoMag 45505 S, CastoMag 45505 S, CastoMag 45507 S, CastoMag 45513 S, CastoMag 45515, CastoMag 45516, CastoMag 45516 S, CastoMag 45519, CastoMag 45520, CastoMag 45552 S, CastoMag 45553 S, CastoMag 45554 S, CastoMag 45612, CastoMag 45651, CastoMag 45653, CastoMag 45654, CastoMag 45655, CastoMag 45656, CastoMag 45657, CastoMag 45660, CastoMag 45301, CastoMag 45303, CastoMag 45305, CastoMag 45351, CastoMag 45352, CastoMag 45353, CastoMag 45354, CastoMag 45355, CastoMag 45356, CastoMag 45701, CastoMag 45703, CastoMag 45704, CastoMag 45706, CastoMag 45709, CastoMag 45710, CastoMag 45751, CastoMag 45752, CastoMag 45754, CastoMag 45756, CastoMag 45758, CastoMag 45801, CastoMag 45802, CastoMag 45803, CastoMag 45804, CastoMag 45806, CastoMag 45807, CastoMag 45810, CastoMag 45513 WS, CastoMag 45515 W, CastoMag 45516 WS, CastoMag 45517 W, CastoMag 45518 W, CastoMag 45519 W, CastoMag 45520 W, CastoMag 45523 W, CastoMag 45552 WS, CastoMag 45553 WS, CastoMag 45554 WS, CastoWig 45612 W, CastoWig 45651 W, CastoWig 45653 W, CastoWig 45654 W, CastoWig 45655 W, CastoWig 45656 W, CastoWig 45657 W, CastoWig 45660 W, CastoWig 45301 W, CastoWig 45303 W, CastoWig 45305 W, CastoWig 45308 W, CastoWig 45318 W, CastoWig 45351 W, CastoWig 45352 W, CastoWig 45353 W, CastoWig 45355 W, CastoWig 45401 W, CastoWig 45406 W, CastoWig 45412 W, CastoWig 45421 W, CastoWig 45701 W, CastoWig 45703 W, CastoWig 45704 W, CastoWig 45706 W, CastoWig 45707 W, CastoWig 45708 W, CastoWig 45709 W, CastoWig 45710 W, CastoWig 45751 W, CastoWig 45752 W, CastoWig 45754 W, CastoWig 45756 W, CastoWig 45801 W, CastoWig 45802 W, CastoWig 45803 W, CastoWig 45805 W, CastoWig 45806 W, CastoWig 45807 W, CastoWig 45859 W, CastoWig 45860 W, 45273 LA, 45303 LA, 45351 LA, 45355 LA, 45366 LA, 45367 LA, 45368 LA, 45553 LA, 45802 LA, 45860 LA</p> <p>Прутки для WIG-сварки CastoMag 45252 W, CastoMag 45253 W, CastoMag 45255 W, CastoMag 45273 W, CastoMag 45500 WS, CastoMag 45503 WS, CastoMag 45505 WS, CastoMag 45507 WS</p> <p>Порошковые проволоки CastoDur EG 7465, CastoDur EG 7466, CastoDur EG 7467, EnDOtec DO 65S, EnDOtec DO 66S, EnDOtec DO 265S, EnDOtec DO 266S, EnDOtec DO267, Castodur EG7428, EnDOtec DO 24S, EnDOtec DO 25S, EnDOtec DO 28S, EnDOtec DO 65S, EnDOtec DO 66S, EnDOtec DO 265S, EnDOtec DO 266S, EnDOtec DO 267, CastoDur EG 7428, EnDOtec DO 24 S, EnDOtec DO 25 S, EnDOtec DO 28 S, EnDOtec DO 29, EnDOtec DO 69, EnDOtec DO 55, E+C TeroMatec AN 4226, E+C TeroMatec AN 2010</p> <p>Прутки для пайки Castolin 14 DR, Castolin CP 21255, Castolin UltraMax 111, Castolin XuperMax7111, Castolin Xuper DriITec 8800, Castolin Ultimium 8888</p> <p>Порошки EuTroLoy 16313, EuTroLoy 16316, EuTroLoy 16410, EuTroLoy 16604, EuTroLoy 16606, EuTroLoy 16659, EuTroLoy 16670, EuTroLoy PG 6501, EuTroLoy 16221, EuTroLoy 16223, EuTroLoy 16224, EuTroLoy 16262, EuTroLoy 16454 A, EuTroLoy 16494, EuTroLoy 16495, EuTroLoy 16496, EuTroLoy 16497, EuTroLoy 16618, EuTroLoy 16625, EuTroLoy 16625 M, EuTroLoy 1626, EuTroLoy 16800, EuTroLoy PG 6503, EuTroLoy PG 6504, EuTroLoy PG 6505, EuTroLoy 16001, EuTroLoy 16002, EuTroLoy 16006, EuTroLoy 16008, EuTroLoy 16012, EuTroLoy 16019, EuTroLoy 16025, EuTroLoy PG 5218</p>	08.07.2009
Фирма «Castolin» («M.P.I. Metal Powders International»)	Ирландия	<p>Порошки BoroTec 10009, Eutalloy PE 5435, Eutalloy RW 10212, EutroLoy 16001, Proxon 21021, Gritalloy 10011, Eutalloy PE 5436, Eutalloy RW 12112, EutroLoy 16002, Proxon 21022, CobalTec 10092, Eutalloy PE 6220, Eutalloy RW 12494, EutroLoy 16006, Proxon 21031, TungTec 10112, Eutalloy SF PE 8213, Eutalloy RW 12495, EutroLoy 16008, Proxon 21032, NiTec 10224, Eutalloy SF PE 8214, Eutalloy RW 12496, EutroLoy 16012, Proxon PR 3029, UltraLoy 10611, Eutalloy SF PE 8215, Eutalloy RW 12497, EutroLoy 16221, PM Powders PM 5460, ChromTec 10680, Eutalloy SF PE 8216, Eutalloy RW 12525, EutroLoy 16223, EutroLoy PM 5482, Eutalloy 10146, Eutalloy SF PE 8217, Eutalloy RW 12999, EutroLoy 16224, CoroResist 19300, Eutalloy 10185, Eutalloy SF PE 8225, Eutalloy RW PE 1238, EutroLoy 16316, HardTec 19400, Eutalloy 10186, Eutalloy SF PE 8235, Eutalloy RW PE 1525, EutroLoy 16454, DuroTec 19910, Eutalloy 10675, Eutalloy SF PE 8261, Eutalloy RW 17525, EutroLoy 16481, LubroTec 19985, Eutalloy PE 10819 WS, Eutalloy PE 8731, Eutalloy RW 12535, EutroLoy 16494, Proxon 21023, Eutalloy 10900, Eutalloy PE 8735, Eutalloy RW 53606, EutroLoy 16495, Proxon 21071, Eutalloy 10911 FL, Eutalloy PE 8740, Eutalloy RW PE 3307, EutroLoy 16496, Ultra Bond 51000, Eutalloy PE 115, Eutalloy CP 8901FL, Eutalloy RW PE 3308, EutroLoy 16497, Rototec 19310, Eutalloy PE 1202, Eutalloy PE 8901, Eutalloy RW PE 3309, EutroLoy 16604, Rototec 19404, Eutalloy PE 1203, Eutalloy PE 8904, Eutalloy RW PE 3361, EutroLoy 16606, Rototec 19800, Eutalloy PE 1204, Eutalloy PE 8911, Eutalloy RW PE 8010, EutroLoy 16659, Rototec 19850, Eutalloy PE 1212, Eutalloy PE 8913, Eutalloy RW PE 8014, EutroLoy 16800, Rototec 19868, Eutalloy PE 1218, Eutalloy PE 8922, Eutalloy RW PE 8015, EutroLoy PG 4298, Rototec 19940, Eutalloy PE 1227, Eutalloy PE 8928, Eutalloy RW PE 8033, EutroLoy PG 4881, Rototec 19999, Eutalloy PE 1229, Eutalloy PE 8935, Eutalloy RW PE 8040, EutroLoy PG 5218, Rototec 21055, Eutalloy SF 15211, Eutalloy PE 8950, Eutalloy RW PE 8045, EutroLoy PG 5964, Rototec 29011, Eutalloy SF 15285, Eutalloy PE 8960, Eutalloy RW PE 8050, EutroLoy PG 6503, Rototec 29012, Eutalloy SF 15296, Eutalloy PE 8961, Eutalloy RW PE 8060, EutroLoy PG 6504, Rototec 29013, Eutalloy 15535, Eutalloy PE 8979, Eutalloy RW PE 8093, EutroLoy PG 6505, Rototec 29021, Eutalloy 15999, Eutalloy PE 8980, Eutalloy RW PE 8096, EutroLoy PG 6516, Rototec 29029S, Eutalloy PE 3305, Eutalloy PE 8981, Eutalloy RW PE 8097, EutroLoy PG 6550, Rototec 29061, Eutalloy PE 3306, Eutalloy PE 8985, Eutalloy RW PE 8902, , Rototec 29079, Eutalloy PE 3583, Eutalloy PE 9001, Metaceram 28010, Rototec 29096, Eutalloy 52606, Metaceram 28020, Rototec 29220LT, Eutalloy PE 5400, Metaceram 28030, Rototec 29230LT, Eutalloy PE 5404, Metaceram 28060, Rototec 29240 LT, Metaceram 28085, Metaceram 28095</p> <p>Электроды EutecTrode XHD2100, EutecTrode EC 7910, EutecTrode 1850, Xuper 1608, EutecDur N102, EutecTrode 2101S, EutecTrodeEC 7935, EutecTrode 1851, Xuper 1616, EutecTrode EC3292, EutecTrode 2103, EutecTrode EC 7938, EutecTrode XHD 1855, EutecTrode CP33000, EutecTrode CP35200, EutecTrode EC 4001, EutecTrode EC 7940, EutecTrode 1868, EutecTrode CP33033, EutecTrode EC4002, EutecTrode XHD7938, EutecTrode 285, EutecTrode CP33273, EutecTrode EC4004, Xuper 2226, Eutec Dur N9010, EutecTrode EC4085, EutecTrode CP33300, EutecTrode EC4010, Xuper 2240, EutecTrode N9025, Xuper 2800, EutecTrode CP33500, EutecTrode EC4015, EutecTrode XHD 2230, EutecTrode N9060, EutecTrode CP33700, EutecTrode EC4046, EutecTrode 223, EutecTrode N9080, EutecTrode 6600, Castinox E307-17, EutecTrode EC4050, EutecTrode 224, EutecTrode N9120, EutecTrode 6601, Castinox E308L-17, Xuper AbraTec5006, EutecTrode 225, EutecTrode 6666, Castinox E308L-17/VD, XuperTurboTec5300, EutecTrode 244, CuiTrode 01, EutecTrode Automatic, Castinox E309L-17, EutecTrode 6006, EutecTrode XHD 2480, ChamferTrode 03, Castinox E309MOL-17, EutecTrode 6055, EutecTrode 27, ChamferTrode 04, EutecTrode 680N, Castinox E310-17, EutecTrode XHD6080, EutecTrode EC 4023, EutecTrode EC4000, EutecTrode X680S, Castinox E312-17, EutecTrode N6200, EutecTrode EC 4040, EutecTrode X2220, EutecTrode XHD6817, Castinox E316L-17, EutecTrode 6, EutecTrode EC 4044, EutecTrode 2222M, EutecTrode XHD6868, Castinox E316L-17/VD, EutecTrode 640, EutecTrode EC 7330D, EutecTrode XHD2222, EutecTrode X686, Castinox E 317L-17, EutecTrode 6450, EutecTrode EC4022, EutecTrode 690SF, Castinox E 347-17, EutecTrode XHD646, EutecTrode 6800, EutecTrode EC7220, Castinox E 383-17, EutecTrode XHD 6710, EutecTrode XHD6822, Castinox ALH, EutecTrode 6715, EutecTrode XHD6865, Castinox BLH, EutecTrode 6804, EutecTrode XHD6899, Castinox D, EutecTrode 6806, XuperNucleoTec 2222, EutecTrode 6807, EutecTrode E7625, EutecDur N700, EutecDur N6070</p> <p>Порошковые проволоки EnDOtec DO 55, TeroMatec 3952, EnDOtec DO 60, EnDOtec DO 02, EnDOtec DO 322, TeroMatec 4297, EnDOtec DO 66 S, EnDOtec DO 70, EnDOtec DO 04, EnDOtec DO 327, TeroMatec 4415, EnDOtec DO 80, EnDOtec DO 05, EnDOtec DO 332, TeroMatec 4601, EuTronic Arc 501, EnDOtec DO 85, EnDOtec DO 06, EnDOtec DO 340, TeroMatec 4625, EuTronic Arc 502, EnDOtec DO 09, EnDOtec 7431 EG, TeroMatec 4630, EuTronic Arc 508, EnDOtec DO 22, EnDOtec XDO 11, EnDOtec CAVITEC GMA, TeroMatec 4660, EuTronic Arc 509, EnDOtec DO 83, EnDOtec DO 13, TeroMatec 688 OA, TeroMatec 5091EG, EuTronic Arc 532, EnDOtec DO 84, EnDOtec DO15, TeroMatec 690 OA, TeroMatec 5254, EnDOtec DO 16, TeroMatec 2010, ARC 501 ARC, EnDOtec DO 53, EnDOtec DO 23, TeroMatec 3110, ARC 502 ARC, EnDOtec DO 30, TeroMatec 3205, ARC 509 ARC, EnDOtec DO 31, TeroMatec 3220, EnDOtec DO 33, TeroMatec 3302, EnDOtec DO 26, EnDOtec DO 48, TeroMatec 3530</p>	08.07.2009

Наим. пр-тия	Город	Сертифицированная продукция	Дата окончания действия сертификата
Фирма «Castolin France»	Франция	<p>Электроды Castolin E 316L-17, Castolin 6666N, Castolin 2, Castolin 244NC, Castolin 640, Castolin E 318-17, Castolin 1868, Castolin 6, Castolin XHD 2230, Castolin 646 XHD, Castolin E 385-17, Castolin EC 4085, Castolin N 102, Castolin XHD 2480, Castolin 680S, Castolin E 2209-17, Castolin EC 4001, ULTIMIUM 112, Castolin EC 4023, Castolin 686, Castolin 1602S, Castolin CuTrode 01, Castolin EC 3292, Castolin EC 4024, Castolin 690, Castolin 1610S, CastolinExoTrode ou 3 EX, Castolin EC 4004, Castolin EC 4040, Castolin 690 SF, Castolin 1616, Electrodes Arcair, Castolin EC 4050, Castolin EC 7330D, Castolin CP 3922, Castolin CP 33000, Castolin N 700, Castolin 6055, Castolin CP 3981, Castolin EC 33226, Castolin EC 4010, Castolin 6806, Castolin EC 4022, Castolin EC 33273, Castolin EC 4015, Castolin CP 35200, Castolin EC 4046, Castolin EC 33300, Castolin EC 4541, Castolin 54355, Castolin 6825, Castolin CP 33500, Castolin 5006, Castolin EC 3279, Castolin 6868 XHD, Castolin EC 3218, Castolin N 6060, Castolin CP 3922, Castolin 7220, Castolin EC 4102, Castolin 6065, Castolin EC 4022, Castolin 54690, Castolin EC 4108, Castolin N 6070, Castolin EC 4104, Castolin E 307-17, Castolin EC 4109, Castolin 6825, Castolin E 308L-17, Castolin EC 4257, Castolin EC 7910, CastolinE 309 MoL-17, Castolin 6464, Castolin EC 7935, Castolin E 310-17, Castolin 6601, Castolin EC 7938, Castolin EC 7940</p> <p>Проволоки для сварки MIG и MAG CastoMag 45612 , CastoMag 45515, CastoMag 45252, CastoMig 45706, CastoMig 45806, CastoMag 45654, CastoMag 45516, CastoMag 45254, CastoMig 45707, CastoMig 45002, CastoMag EG 5216, CastoMag 45520, CastoMag 45257, CastoMig 45750, CastoMig 45351, CastoMag 45002L, CastoMag 45552, CastoMag 73395, CastoMig 45751, CastoMig 45612, CastoMag 45500, CastoMag 45554, CastoMag 73499, CastoMig 45802, CastoMig 45654, CastoMag 45503, CastoMag 45250, CastoMig 45701, CastoMig 45803, CastoMig 45655, CastoMag 45505, CastoMag 45251, CastoMig 45703, CastoMig 45805, CastoMig 45656, CastoMag 45513</p> <p>Прутки и проволока для сварки TIG Casto TIG 45507W, Casto TIG RB 3229, Casto TIG 45707W, Casto TIG 45301W, Casto TIG 45421W, Casto TIG 45612W, Casto TIG RB 5248, Casto TIG 45801W, Casto TIG 45303W, Casto TIG 45425W, Casto TIG 45654W, Casto TIG 45701W, Casto TIG 45802W, Casto TIG 45305W, Casto TIG 45612W, Casto TIG 45500W, Casto TIG 45703W, Casto TIG 45805W, Casto TIG 45355W, Casto TIG 45654W, Casto TIG 45503W, Casto TIG 45704W, Casto TIG 45806W, Casto TIG 45406W, Casto TIG 45655W, Casto TIG 45516W, Casto TIG 45706W, Casto TIG 45412W, Casto TIG 45656W, Casto TIG 45513W, Casto TIG 45660W, Casto TIG 45515W, Casto TIG 45520W, Casto TIG 45552W, Casto TIG 45252W, Casto TIG 45255W</p> <p>Прутки для пайки Castolin 1030 F, Castolin 181, Castolin 800, Castolin 14F, Castolin RT 5217, Castolin 1020 XFC, Castolin 1030 XFC, Castolin 181 F, Castolin 801, Castolin 16, Castolin RT 5241, Castolin 1700, Castolin 1020 F, Castolin 804, Castolin 16F, Castolin 185, Castolin 1702, Castolin 1020 XFC, Castolin 806, Castolin 16XFC, Castolin 185 F, Castolin 1802 F, Castolin 1655, Castolin 808, Castolin 18, Castolin 185 XFC, Castolin 1802 XFC, Castolin 1655 F, Castolin 808 G, Castolin 18F, Castolin 186, Castolin 1802 G, Castolin 1665, Castolin 1803D, Castolin 18 XFC, Castolin 186 F, Castolin Xuper 1802, Castolin 1665 F, Castolin 1805, Castolin 146, Castolin E7620, Castolin 1810 F, Castolin 1665 XFC, Castolin RB 3204, Castolin 146 F, Castolin E7621, Castolin 3217, Castolin 1666, Castolin RB 4242, Castolin 146 XFC, Castolin E7622, Castolin RB 4240, Castolin 1666 XFC, Castolin RB 4270, Castolin 146 XFG, Castolin 7888 SH, Castolin 4240 NF, Castolin 1703, Castolin RB 5246, Castolin73350, Castolin 7888 T, Castolin 4268 NF, Castolin Xuper 1800, Castolin RB 5280, Castolin 157, Castolin CastoDrill 8800, Castolin 5230 NF, Castolin 1806, Castolin RB 5283, Castolin 157 BN, Ultimum 8811, Castolin RB 5234, , Castolin RB 5286, Castolin 1827, Castolin 21 F, Castolin RF 5234, Castolin RT 3232, Castolin 190, Castolin 4299 G, Castolin 210, Castolin 38240 F</p> <p>Сплавы в форме порошка RotoTec 51000, Eutalloy 10009, Eutalloy 15685, CastoPlast 31200, Eutroloy 16025, RotoTec 51990, Eutalloy 10011, Eutalloy 15999, MetaCeram 28020, Eutroloy 16221, RotoTec 19200, Eutalloy 10020, Eutalloy 12031, MetaCeram 28030, Eutroloy 16604, RotoTec 19310, Eutalloy 10027, Eutalloy 12039, MetaCeram 28085, Eutroloy 16606, RotoTec 19400, Eutalloy 10036, Eutalloy 12045, MetaCeram 28095, Eutroloy 16648, RotoTec 19800, Eutalloy 10112, Eutalloy 12057, Eutalloy 6503, RotoTec 19850, Eutalloy 10185, Eutalloy RW 12112, Eutroloy 16001, Meca Tec Express, RotoTec 19868, Eutalloy 10224, Eutalloy RW 12494, Eutroloy 16006, Meca Tec III, RotoTec 19940, Eutalloy 10611, Eutalloy RW 12495, Eutroloy 16008, Meca Tec A5, RotoTec 19985, Eutalloy 10680, Eutalloy RW 12999, Eutroloy 16012, Meca Tec A5HT, RotoTec 19999, Eutalloy 5404, Eutalloy RW 17496, RotoTec 29230, Eutalloy 8985, Eutalloy RW 17497, RotoTec 29240, Eutalloy 9001, Eutalloy RW 17535, ProXon 21021, ProXon 21023, ProXon 21031, ProXon 21071</p>	08.07.2009
«ASKAYNAK Kaymak Teknisi Sanayi ve Ticaret A.Ş.»	Турция	<p>Электроды AS R-116; AS DA-771; AS Oluk Acma; AS R-132; AS DA-774; AS Kesme; AS R-143; AS DA-777; STARWELD KARBON; AS R-144; AS DA-778; AS SD-CR 10; AS R-146; AS P-307; AS SD-CR 13; AS B-204; AS P-308 L; AS SD-60; AS B-235; AS P-308 Mn; AS SD-65; AS B-248; AS P-308 Mo; AS SD-300; AS B-255; AS P-309 L; AS SD-350; AS B-268; AS P-309 Mo; AS SD-HSS; AS S-6010; AS P-310 R; AS SD-MANGAN; AS S-6011; AS P-312; AS SD-MANGAN 165; AS S-7010 Mo; AS P-316 L; AS SD-ABRA Nb; AS S-8010 Ni; AS P-316 S; AS SD-ABRA Cr; AS DT-165; AS P-318 Super; Kobatek 111; AS DT-180; AS P-347; Kobatek 46; AS DA-708; AS AlSi 5; Kobatek 418; AS DA-710; AS AlSi 12; Kobatek 458; AS DA-731; AS Bronz; Kobatek 213; AS DA-735; AS Pik 55; Kobatek 250; AS DA-737; AS Pik 65; AS DA-753; AS Pik 98 Super</p> <p>Проволока AS SG2; AS SG3; AS S1; AS S2; AS S2 Mo; STARWELD MW-308LSi; STARWELD MW-316LSi; STARWELD TW-308L; STARWELD MW-316Li</p>	20.07.2010
Фирма «ESAB AB»	Швеция	<p>Электроды OK 21.03, OK 46.00, OK 48.00, OK 48.04, OK 48.05, OK 48.08, OK 53.38, OK 53.70, OK 55.00, OK 73.05, OK 73.08, OK 73.68, OK R-144, OK DA-778, OK SD-CR 10, OK R-146, OK P-307, OK SD-CR 13, OK B-204, OK P-308 L, OK SD-60, OK B-235, OK P-308 Mn, OK SD-65, OK B-248, OK P-308 Mo, OK SD-300, OK B-255, OK P-309 L, OK SD-350, OK B-268, OK P-309 Mo, OK SD-HSS, OK S-6010, OK P-310 R, OK SD-MANGAN, OK S-6011, OK P-312, OK SD-MANGAN 165, OK S-7010 Mo, OK P-316 L, OK SD-ABRA Nb, OK S-8010 Ni, OK P-316 S, OK SD-ABRA Cr, OK DT-165, OK P-318 Super, OK Kobatek 111, OK DT-180, OK P-347, OK Kobatek 46, OK DA-708, OK AlSi 5, OK Kobatek 418, OK DA-710, OK AlSi 12, OK Kobatek 458, OK DA-731, OK Bronz, OK Kobatek 213, OK DA-735, OK Pik 55, OK Kobatek 250, OK DA-737, OK Pik 65, OK DA-753, OK Pik 98 Super</p> <p>Флюсы OK Flux 10.05, OK Flux 10.37, OK Flux 10.40, OK Flux 10.61, OK Flux 10.62, OK Flux 10.70, OK Flux 10.71, OK Flux 10.74, OK Flux 10.81, OK Flux 10.92, OK Flux 10.93</p> <p>Проволока, прутки сплошного сечения OK Autrod 12.10, OK Autrod 12.20, OK Autrod 12.22, OK Autrod 12.24, OK Autrod 12.32, OK Autrod 12.34, OK Autrod 12.50, OK Autrod 12.51, OK Autrod 12.63, OK Autrod 12.64, OK Autrod 13.09, OK Autrod 13.10, OK Autrod 13.12, OK Autrod 13.13, OK Autrod 13.20, OK Autrod 13.22, OK Autrod 13.26, OK Autrod 13.28, OK Autrod 13.29, OK Autrod 13.43, OK Autrod 16.10, OK Autrod 16.11, OK Autrod 16.12, OK Autrod 16.21, OK Autrod 16.30, OK Autrod 16.32, OK Autrod 16.52, OK Autrod 16.53, OK Autrod 16.70, OK Autrod 16.86, OK Autrod 16.88, OK Autrod 18.01, OK Autrod 18.04, OK Autrod 18.15, OK Autrod 18.16, OK Autrod 18.22, OK Tigrod 12.60, OK Tigrod 12.64, OK Tigrod 13.09, OK Tigrod 13.22, OK Tigrod 13.32, OK Tigrod 16.11, OK Tigrod 16.12, OK Tigrod 16.30, OK Tigrod 18.01, OK Tigrod 18.04, OK Tigrod 18.09, OK Tigrod 18.15, OK Tigrod 18.16, OK Tigrod 18.22</p> <p>Проволока порошковая OK Tubrod 14.12, OK Tubrod 14.20, OK Tubrod 14.22, OK Tubrod 14.27, OK Tubrod 14.31, OK Tubrod 14.33, OK Tubrod 14.37, OK Tubrod 15.13, OK Tubrod 15.14, OK Tubrod 15.31, OK Tubrodur 15.43, OK Tubrodur 15.52, OK Tubrodur 15.65, OK Tubrodur 15.73, Filarc PZ6113S, Filarc PZ6113, Filarc PZ6114S, Filarc PZ6130, Filarc PZ6138, Filarc PZ6166</p>	18.04.2008

Н. А. Проценко, аудитор, руководитель группы сертификации материалов, ГП НТЦ «СЕПРО» НАНУ

Производители сварочных материалов,

имеющие сертификат соответствия в системе УкрСЕПРО, выданный Запорожским РГЦСМС (по состоянию на 01.01.2006)

Наименование предприятия	Город	Сертифицированная продукция	Дата окончания действия сертификата
ЗАО «Запорож-энергоремонт»	Запорожье	<p>Электроды ЗЭРДСК-55 АНО-4 АНО-4, МР-3</p>	<p>01.01.2006 07.08.2006 10.10.2006</p>

А. М. Маслак, зам. генерального директора

Лекция ученых Института электросварки им. Е. О. Патона НАНУ на сварочном факультете НТУУ «КПИ»

Совет Общества сварщиков Украины принял решение в сентябре-октябре каждого года организовывать лекцию в память об Анатолии Матвеевиче Сливинском (1939–2004 гг.), более четверти века возглавлявшем сварочный факультет НТУУ «КПИ» и внесшим неоценимый вклад в подготовку высококвалифицированных кадров и развитие сварочной науки.

Первая лекция была прочитана 10 октября 2005 г. для студентов и профессорско-преподавательского состава сварочного факультета НТУУ «КПИ» видным ученым в области сварки, академиком НАН Украины К. А. Ющенко.

Общее собрание открыл президент Общества сварщиков Украины В. Г. Фартушный. Он отметил, что трудовая деятельность А. М. Сливинского была неразрывно связана с НТУУ «КПИ». С момента возрождения сварочного факультета в 1975 г., Анатолия Матвеевича в течение 26 лет избирали деканом. За эти годы он подготовил огромную армию инженеров-сварщиков. Велик вклад А. М. Сливинского и в сварочную науку, в частности в развитие теории сварочных процессов.

А. М. Сливинский был вице-президентом Общества сварщиков Украины, первым заместителем председателя Украинского аттестационного комитета сварщиков, председателем Методического совета Министерства образования и науки Украины по направлению «Сварка».

Декан сварочного факультета КПИ С. К. Фомичев в своем выступлении остановился на основных этапах жизненного пути А. М. Сливинского. Он охарактеризовал Анатолия Матвеевича не только как прекрасного педагога, ученого, но и как человека, понимающего юмор, очень отзывчивого, коммуникабельного в общении с людьми.

В лекции, прочитанной академиком НАНУ К. А. Ющенко и посвященной современному состоянию и направлению развития сварочной науки и техники, были рассмотрены основные тенденции разработки материалов для создания современных конструкций (летательных аппаратов, надводных и подводных конструкций, различных двигателей, аппаратов для химических производств и т. п.). Как отметил лектор, новые материалы требуют и новых подходов к оценке свариваемости материалов, работоспо-

собности полученных соединений. Эти вопросы им были подробно рассмотрены.

Большое внимание лектор уделил современным тенденциям развития сварочного оборудования, совершенствованию сварочных технологических процессов. Кроме того, было подчеркнуто, что значительное развитие сегодня получили различные гибридные процессы. Они позволяют, с одной стороны, значительно снизить удельные тепловые вложения в свариваемые материалы, тем самым минимизируя зону термического влияния сварного соединения, с другой стороны, повышать производительность сварки и, что важно, значительно снижать расход электроэнергии.

Особое внимание лектор обратил на тенденцию «интеллектуализации» всех без исключения сварочных технологических процессов и вспомогательного оборудования. И это касается не только роботизированных комплексов, развитию которых уделяют серьезное внимание практически все ведущие фирмы, работающие в области создания сварочного оборудования. Использование программного обеспечения в осуществлении относительно простых технологических процессов позволяет до минимума сократить влияние «человеческого фактора» и тем самым значительно повысить качество сварных соединений.

Лекция, на которой присутствовали практически все студенты и преподаватели сварочного факультета, вызвала большой интерес и одобрение слушателей.

После лекции К. А. Ющенко в беседе с преподавателями отметил, что Общество сварщиков Украины и он как лектор преследовали несколько целей. Прежде всего, отдать дань уважения человеку, который своим многолетним подвиж-



ническим трудом внес большой вклад в подготовку высококвалифицированных инженеров-сварщиков и развитие сварочной науки.

Важно было также вызвать интерес у студентов к той специальности, которую они избрали, подчеркнуть ее перспективность, так как сварка — это технологический процесс, который, несомненно, будет востребован и в обозримом будущем, поэтому специалисты в этой области всегда будут нужны.

Одна из главных задач состояла в том, чтобы обратить внимание преподавателей на необходимость в программах обучения уделить большое внимание новым подходам к базовым положениям теории сварочных процессов и принципам разработки новых технологий и оборудования.

По нашему мнению, поставленные цели были достигнуты, и в дальнейшем проведение таких ежегодных лекций учеными ИЭС станет традицией. ● #644

Пресс-служба Общества сварщиков Украины

Повышение надежности сварных соединений при монтаже и ремонте технологического оборудования в энергетике

Научно-технический семинар

6–8 декабря 2005 г. в Киеве состоялась научно-технический семинар «Повышение надежности сварных соединений при монтаже и ремонте технологического оборудования в энергетике».

Семинар был организован Научно-техническим комплексом «Институт электросварки им. Е. О. Патона» НАН Украины, ОАО «Южтеплоэнергомонт» и Украинским информационным центром «Наука. Техника. Технология» при поддержке Министерства топлива и энергетики, Государственного комитета ядерного регулирования, НАЭК «Энергоатом», Государственного комитета по надзору за охраной труда. В семинаре приняли участие ученые и специалисты из 34 организаций и предприятий энергетики Украины и Российской Федерации — всего более 80 человек.

На семинаре обсуждались вопросы, касающиеся оборудования и материалов для сварки, термообработки и ремонта технологического оборудования, нанесения покрытий и упрочнения поверхностей, технологии сварки, технической диагностики и контроля качества, аттестации технологических процессов сварки, наплавки и резки. В ходе семинара был заслушан 31 доклад (общее количество докладов, опубликованных в сборнике — 40).

Технологиям сварки и наплавки корпусных деталей турбин, котлов, трубопроводов, запорной арматуры и парогенераторов были посвящены доклады Института электросварки им. Е. О. Патона, Всероссийского теплотехнического научно-исследовательского института (ОАО «ВТИ», г. Москва), ОП «Атомремонтсервис» (г. Славутич) и Азовского морского института ОМА (г. Мариуполь). Как сообщалось в докладах, предлагаемые ИЭС им. Е. О. Патона порошковые проволоки, электродные ленты и флюсы, а также технологии сварки и наплавки сталей при изготовлении и ремонте деталей, узлов, аппаратов и машин в энергетике, позволяют повысить производительность процесса и качество сварных швов и наплавляемых слоев металла. В докладе ВТИ подробно были рассмотрены та-

кие вопросы, как выбор способа ремонтной сварки, подготовка корпусных деталей турбин к заварке и технология заварки выборок дефектов сварного шва. Технология автоматической аргодуговой сварки в узкую разделку кромок, позволяющая повысить производительность процесса и снизить его себестоимость, была изложена в докладе ИЭС им. Е. О. Патона и ОП «Атомремонтсервис».

Технологию и оборудование для локальной термообработки представили ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» (г. Москва) и Институт электросварки им. Е. О. Патона. Отмечено, что есть большой практический опыт применения этих технологий в энергетике, имеется разнообразное оборудование для ее осуществления (в том числе и в труднодоступных местах), разработаны методы расчета оптимальных режимов термообработки, но отсутствуют специальные нормативные документы по термообработке ряда деталей корпусов паровых турбин.

Многие доклады были посвящены оборудованию и материалам для сварки и наплавки, технологиям нанесения покрытий и упрочнения поверхностей, различным материалам для деталей и узлов энергетических установок.

Вопросы прочности и ресурса трубопроводных систем энергетических установок были рассмотрены в докладах ИЭС им. Е. О. Патона и Украинской инженерно-педагогической академии (г. Харьков). Разработанные методики оценки прочности и ресурса этих трубопроводов могут быть положены в основу новых нормативных документов, регламентирующих условия отбраковки поврежденных участков трубопроводов.

Состоялась дискуссия по проблемам ремонта лопаток турбин и аттестации технологических процессов. Отмечена положительная роль журнала «Сварщик» и отраслевых тематических семинаров в информировании специалистов о новых технологиях и оборудовании для сварки и ремонта, а также опыте их применения. Следующий семинар намечено провести в IV квартале 2006 г. ● #645

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук,

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

Шкідливі речовини, що утворюються при зварюванні

Частина II

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України

Основним способом усунення шкідливого впливу зварювального аерозолу (ЗА) на організм людини є застосування вентиляції. Однак безперечний інтерес становить і інший, не менш важливий спосіб оздоровлення повітряного середовища — технологічний, що полягає в удосконаленні зварювальних технологій та матеріалів, а також у виборі відповідних режимів зварювання. Для розробки таких способів поліпшення гігієнічних характеристик ЗА необхідно більш глибоко вивчити процеси їх утворення при дуговому зварюванні.

Процеси утворення зварювального аерозолу.

При електродуговому процесі внаслідок впливу на основний метал і матеріал електрода теплоти дуги виникає їх плавлення та часткове випаровування. Пара матеріалів електрода і зварювальної ванни, що утворюється в високотемпературній зоні, виділяється в повітря навколишнього середовища, яке має більш низьку температуру, де, конденсуючись в тверді частини, утворює в повітрі зважені дрібнодисперсні частини, які за рахунок аеродинамічних сил тривалий час можуть знаходитися в зваженому стані. Таким чином, за механізмом утворення ЗА належать до аерозолів конденсації. Вони являють собою дисперсну систему, в якій дисперсною фазою є дрібні частинки твердої речовини (власне ЗА), а дисперсійним середовищем — суміш газів. В науковій літературі також зустрічаються такі терміни, як тверда та газоподібна фаза або складова зварювального аерозолу. Хоча, виходячи з понять колоїдної хімії, аерозолем є саме тверді частинки речовини, що знаходяться в повітрі у зваженому стані.

В результаті дослідження процесу утворення аерозолу за допомогою швидкісної кінозйомки, методу мічених атомів, а також методів рентгенівської та електронної дифрактометрії було встановлено, що ЗА утворюється переважно внаслідок випаровування розплавленого металу на торці електрода: пара виділяється в нижній частині стовпа дуги і виноситься газовими потоками в навколишнє середовище, де окисляється та конденсується в тверді частинки.

Результати кінозйомок зварювальної дуги змінного струму дозволили дійти висновку, що майже весь аерозоль утворюється у тій частині простору, де високотемпературна пара надходить в навколишню атмосферу. Торець електрода має найбільш високу температуру, тому саме тут створюються

умови, сприятливі для випаровування металу. Температура металу в активних плямах дуги на аноді досягає 2600 К, на катоді — 2400 К. У звичайних зварювальних дугах температура їх активних плям досягає точки кипіння металу електрода. Температура крапель електродного металу і зварювальної ванни залежить від температури плавлення металу, його питомої теплоємності і знаходиться в інтервалі між температурами плавлення і кипіння металу. Так, при зварюванні дротом марки Св-08Г2С в СО₂ максимальна температура крапель електродного металу складає 2860–2970 К, що дещо нижче температури кипіння низьколегованої сталі.

Значна частина енергії зварювальної дуги витрачається на перегрівання краплі та її випаровування. При зварюванні сталі покритими електродами 20–30% енергії зварювальної дуги витрачається на перегрівання краплі і близько 20% — на випаровування металу. При зварюванні в аргоні у випадку струменевого перенесення приблизно 10–20% електродного металу переноситься з електрода на основний метал у вигляді пари. Проте витрати металу на випаровування визначаються не загальною кількістю металу, який випаровується, а лише тією його частиною, що не конденсувалася у ванні внаслідок розсіювання пари в навколишнє середовище. Газовий потік, який завжди направлений з електрода на основний метал, прискорює вихід пари від поверхні торця електрода.

Елементи основного металу грають незначну роль в утворенні аерозолу порівняно з металом торця електрода та краплями електродного металу. Тому головним джерелом ЗА є випаровування металу з торця електрода, а також з поверхні крапель.

При зварюванні змінним струмом інтенсивність виділення аерозолу періодично змінюється у відповідності з частотою зміни полярності струму незалежно від частоти перенесення крапель. При цьому кількість аерозолу, що виділяється, залежить від зварювального струму: вона практично дорівнює нулю, коли миттєве значення зварювального струму близьке до нуля, і досягає свого максимуму при максимальній величині струму.

Вважають, що потік газу плазми є основною силою, що переносить пару з атмосфери дуги в навколишню атмосферу, а швидкість цього потоку має максимальне значення при максимальному миттєвому значенні струму.

Швидкість утворення пари при високій температурі залежить від пружності компонентів пари, температури поверхні випаровування, а також від її площі.

Експериментально було доказано, що утворення аерозолу при зварюванні залежить від тривалості формування краплі розплавленого металу, її розмірів та довжини зварювальної дуги. При великокраплинному перенесенні металу у випадку зварювання в CO_2 спостерігається більше утворення аерозолу, ніж при дрібнокраплинному (зварювання в суміші вуглекислого газу з 5% кисню). При імпульсно-дуговому зварюванні в аргоні також помічено менш інтенсивне, порівняно зі звичайним зварюванням, утворення аерозолу через мінімальний час перебування краплі в дузі.

З усього викладеного виходить, що хоча основне джерело ЗА знаходиться на торці плавкого електрода, випаровуванням розплавленого металу при перенесенні крапель нехтувати не можна. Вплив характеру перенесення електродного металу на процес утворення ЗА наведено нижче.

Відомо, що склад насиченої пари над розчином відрізняється від складу самого розчину — пара насичена легколетючими компонентами. Цим, зокрема, пояснюють підвищений вміст марганцю і його сполук у зварювальному аерозолі. Поняття пружності пари над розплавом у зоні активної плями зварювальної дуги, де переважно здійснюється випаровування металу, а також деякі інші фізичні явища в певній мірі втрачають свій сенс, тому що умови, що існують на поверхні металу в активних плямах, значно відрізняються від звичайних умов, в яких визначають пружність пари та інші фізичні властивості матеріалів.

Хімічний склад та інтенсивність виділення ЗА залежать від характеру перенесення електродного металу в зварювальну ванну. Існують такі види перенесення електродного металу: з короткими замиканнями, великокраплинне і струменеве.

Перенесення з короткими замиканнями характеризується чергуванням періодів горіння дуги з періодами короткого замикання, під час якого інтенсивність утворення ЗА незначна. Відбувається лише деяке випаровування металу нагрітого зварювального дроту та зварювальної ванни. Ця пара збагачена летючими компонентами, наприклад марганцем. Такий характер утворення пари називають фракційним, бо пара, що утворюється, розподілена на фракції. Одна з них складається з легкокипучих компонентів, друга — з компонентів, які слабо випаровуються. Співвідношення цих фракцій залежить від умов випаровування. Склад пари значно відрізняється від складу металу. При подальшому окиснюванні і конденсації цієї пари утворюється аерозоль, склад якого можна розрахувати на основі врахування парціального тиску компонентів сплаву.

В кінці періоду короткого замикання відбувається руйнування та вибухове випаровування перемички (шийки) металу між електродом та основним металом; разом з тим викидається струмінь розплавленого металу. Такий характер випаровування призводить до утворення пари, склад якої подібний до складу металу електродного дроту. Утворений при цьому аерозоль називають нефракційним. Його хімічний склад не може бути передбаченим на основі врахування парціального тиску компонентів сплаву. Краплі, викинуті в результаті вибуху перемички, також можуть виділяти ЗА. Загальна площа поверхні випаровування при цьому значно збільшується. Частина металу у вигляді бризок викидається з зони захисного газу і потрапляє в навколишню атмосферу, де відбувається його посилене випаровування та згоряння, що супроводжується інтенсивним виділенням ЗА.

Швидкість випаровування металу в активній плямі дуги може бути настільки великою, що це призводить до ерозії верхніх шарів поверхні металу електрода. При цьому утворюється нефракційний аерозоль.

Великокраплинне перенесення. При такому виді перенесення крапля розплавленого металу росте на кінці зварювального дроту до тих пір, доки її діаметр не перевищить діаметр дроту. Потім вона відділяється від електрода і падає у зварювальну ванну. Утворення аерозолу при цьому може відбуватися внаслідок випаровування металу з кінця електрода, зі зварювальної ванни та з крапель електродного металу. Випаровування елементів зі зварювальної ванни та з крапель в дузі призводить до утворення аерозолу, розділеного на фракції. В результаті відділення кожної краплі від зварювального дроту вибухове випаровування стисненої шийки призводить до подальшого нефракційного утворення ЗА. Великокраплинне перенесення при зварюванні в CO_2 нерідко супроводжується підвищеним розбризкуванням металу, що також сприяє утворенню аерозолу.

Струменеве перенесення. В цьому випадку випаровування також відбувається з кінця зварювального дроту, зварювальної ванни і крапель розплавленого металу. При випаровуванні зі зварювальної ванни та з крапель металу, який переноситься, утворюється фракціонований аерозоль. В цей же час більш інтенсивне випаровування з активних плям дуги призводить до появи нефракційного ЗА. Розбризкування металу при цьому невелике, більша частина пари утворюється в ділянці дуги.

Можна зробити висновок, що для прогнозування складу і кількості аерозолу, який виділяється при зварюванні в захисному газі, необхідно використовувати поняття фракційного та нефракційного випаровування, а також брати до уваги його залежність від типу перенесення електродного мета-

лу. З урахуванням цього хімічний склад ЗА можна представити у такому вигляді:

$$C_i^a = \alpha C_i^{PV} + v(1 - \alpha) C_i^{II},$$

де C_i^P і C_i^{II} — вміст i -го компоненту відповідно в розплаві і насиченій парі над розплавом, %; α — коефіцієнт нерівноважного утворення аерозолі, що характеризує частку нефракційної складової в процесі формування складу ЗА; відповідно значення $(1-\alpha)$ вважається коефіцієнтом фракційного утворення аерозолі.

Механізм утворення зварювального аерозолі.

Існує така загальна схема утворення ЗА: випаровування—конденсація—окислення (В–К–О). Але деякі дослідники вважають, що процес окислення передує конденсації. Такий висновок базується на результатах рентгенівської та електронної дифрактометрії, що свідчать про наявність в аерозолі оксиду Fe_3O_4 , який має кристалічну структуру. Більш докладні дослідження свідчать про те, що такий оксид виникає вже в атмосфері дуги. Крім того, на поверхні розплавленого електрода в результаті потрапляння в склад атмосфери дуги кисню (наприклад, при зварюванні в суміші $Ag+O_2$) можуть з'являтися летючі оксиди (наприклад, SiO).

Таким чином, можна зробити висновок про існування двох механізмів утворення ЗА — за схемами В–К–О і В–О–К, частка участі кожного з яких залежить від способу зварювання та складу захисного газу. Зменшення окислювального потенціалу захисного газу сприяє зниженню ролі другого механізму в утворенні ЗА.

В процесі зварювання в ЗА можуть переходити елементи, що входять до складу зварювальних матеріалів (електродів, флюсів, дротів та ін.) і основного металу, — залізо, марганець, кремній, кальцій, калій, магній, натрій, титан, алюміній, хром, нікель, фтор тощо. В результаті окислення та конденсації цих елементів утворюються тверді частинки складного виду, як і було припущено, у формі оксидів. Проте дослідження структури та виду хімічних сполук (фазового складу) ЗА за допомогою сучасних фізичних методів (інфрачервоної спектроскопії, рентгенофазової і електронної дифрактометрії) дозволили встановити, що, крім оксидів, до складу ЗА входять також шпінелі, силікати, фториди та інші складні сполуки (наприклад, Fe_3O_4 , Mn_3O_4 , $MnFe_2O_4$, Fe_2SiO_4 , Mn_2SiO_4 , $Cr_2O_3 \cdot FeO$, $(Fe, Mn)O \cdot Fe_2O_3$, K_2CrO_4 , Na_2CrO_4 , $K_2Cr_2O_7$, $Na_2Cr_2O_7$, NaF , CaF_2). Наявність в аерозолях цих сполук ускладнює механізм утворення ЗА за схемою В–К–О, що свідчить про протікання хімічних реакцій між компонентами аерозолі в процесі його утворення. Таким чином, окислення і конденсація протікає при одночасній хімічній взаємодії між складовими ЗА. Неоднорідність фазового складу частинок ЗА пов'язана з тим, що високотемпературна пара також має склад-

ний вид, а окремі її складові конденсуються при різній температурі. В першу чергу відбувається конденсація елементів або сполук, пара яких має більш низький тиск, а потім пара елементів з більш високим парціальним тиском. Наприклад, кремній присутній у високотемпературній парі в широкому (1500–3000 К) інтервалі температур у вигляді SiO . При цих температурах його пара характеризується більш високим парціальним тиском, ніж пара марганцю і заліза. Тому пара кремнію конденсується разом з низькотемпературними оксидами натрію та калію з утворенням силікатів. Центрами конденсації пари можуть бути іони елементів або дрібні бризки металу, які виносяться потоками газу із зони дуги. Таким механізмом утворення ЗА пояснюється неоднорідність будови їх частинок.

Дисперсність частинок ЗА коливається в межах від тисячних часток до декількох мікрометрів. Основна кількість частинок має розмір менший ніж 1 мкм. Частинки ЗА можуть приймати форму агломератів з розміром 1–3 мкм, кластерів розміром 1–2 мкм, сферичну форму (діаметром 5–10 мкм), а більш дрібні частинки (розміром від сотих до десятих долей мкм) схильні до утворення ланцюжків.

Більшість дрібних частинок складається з ядра і оболонки. Ядро збагачене сполуками заліза та марганцю, а оболонка вміщує сполуки кремнію, калію і натрію (при наявності цих речовин у складі покритих електродів). Товщина оболонки залежить від температури, окислювального потенціалу атмосфери дуги і збільшується зі збільшенням вмісту зазначених вище елементів в електроді. Неоднорідність структури ЗА характерна для аерозолів конденсації складного виду. Дані про хімічний склад та будову частинок ЗА дуже важливі для розуміння природи їх біологічної активності і токсичності.

Інтенсивність утворення ЗА визначається швидкістю плавлення електродного матеріалу і залежить від зварювального струму та напруги дуги, від складу зварювальних матеріалів, основного металу і захисного середовища, а також від положення шва у просторі та техніки зварювання. Встановлено, що при зварюванні покритими електродами в ЗА переходить 1–3% від маси електрода, а у випадку зварювання плавким електродом в захисних газах — 0,5–2,0% від маси зварювального дроту. Хімічний склад ЗА на 80–90% обумовлено складом зварювальних матеріалів.

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що вивчення факторів, які впливають на процес утворення ЗА (а саме, механізму утворення ЗА, закономірностей формування її хімічного і дисперсного складу, будови частинок, а також хімічних реакцій, які проходять при утворенні шкідливих газів) може бути використано при розробці нових досконаліх в гігієнічному відношенні зварювальних матеріалів та технологій.

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на специализированную литературу
издательства «Экотехнология»

Название книги	Цена (грн.)
Г. И. Лащенко. Плазменная резка металлов и сплавов. 2003. — 64 с.	12
Г. И. Лащенко. Вибрационная обработка сварных конструкций. 2001. — 56 с.	12
Г. И. Лащенко. Плазменное упрочнение и напыление. 2003. — 64 с.	12
В. М. Бернадський, О. С. Осика, Л. О. Симоненко, Л. С. Філоненко. Російсько-український словник зварювальної термінології. Українсько-російський словник зварювальної термінології. 2001. — 224 с.	30
В. М. Бернадський, О. К. Маковецька, Л. С. Філоненко, Б. В. Юрлов. Вчені і фахівці України в галузі зварювання і споріднених технологій. Довідник. 2002. — 144 с.	18
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с.	24
И. А. Рябцев. Наплавка деталей машин и механизмов. 2004. — 160 с.	20
В. Я. Кононенко. Технологии подводной сварки и резки. 2004. — 136 с.	40
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. . .	60
О. С. Осика, Н. Г. Хоменко, Л. С. Філоненко, Л. О. Симоненко. Англо-український словник зварювальної термінології. 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.	50

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, 62** или по факсу: **(044) 287-6502.**

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

Открыта подписка-2006 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
Днепропетровск	«Баланс-Клуб»	(056) 370-44-23
	ЗАО «Блиц-Информ»	(056) 370-10-50
	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
Донецк	ЗАО «Блиц-Информ»	(062) 381-19-32
Житомир	ЗАО «Блиц-Информ»	(0412) 36-04-00
Запорожье	ЗАО «Блиц-Информ»	(0612) 63-91-82
	ЧП ККК «Пресс Сервис»	(0612) 62-52-43
Ивано-Франковск	ЗАО «Блиц-Информ»	(03422) 52-28-70
	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
Киев	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	АОЗТ «САММИТ»	(044) 537-97-44
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
Кременчуг	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
	ООО «САММИТ-Кременчуг»	0536(6) 3-21-88
Кривой Рог	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 66-24-36
Луганск	ЗАО «Блиц-Информ»	(0642) 53-81-07
Луцк	ЗАО «Блиц-Информ»	(0332) 72-05-48
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0322) 39-28-69
	«Львівські оголошення»	(0322) 97-15-15
	ООО «САММИТ-Львов 247»	(0322) 74-32-23
Львов	«Фактор»	(0322) 41-83-91
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Мариуполь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Нежин	ЧП «Прес-Курьер»	(04631) 5-37-66
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
Николаев	ООО «Ноу Хау»	(0512) 47-20-03
	ООО «САММИТ-Николаев»	(0512) 23-40-86
	ЧП «ТЕПС & Со»	(0512) 47-47-35
	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
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
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0652) 24-93-00
Симферополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0652) 24-93-00
	ДП «САММИТ-Крым»	(0652) 44-36-95
Сумы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0542) 27-52-09
	ООО «Диада»	(0542) 37-03-55
Тернополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0352) 43-08-10
Ужгород	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
	АОЗТ «САММИТ –Харьков»	(0572) 14-22-61
Харьков	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
	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