



3 (43) 2005

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

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 издается 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. М. Кононов, П. А. Косенко, М. А. Лактионов, Я. И. Микитин, Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин, А. Д. Размышляев, А. В. Щербак

Редакция Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина, В. Ю. Демченко, Н. В. Кильчевский

Маркетинг и реклама Е. Б. Юрлов, В. Г. Абрамишвили

Верстка Т. Д. Пашигорова, А. Е. Рублева

Адрес редакции 03150 Киев, ул. Горького, 62

Телефон +380 44 528 3523, 287 6502

Факс +380 44 287 6502

E-mail welder@svitonline.com

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
+7 095 291 7733 (т./ф.)
e-mail: welder@sovintel.ru
www.welder.ru
ООО «АНТ «Интеграция»

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

Вильнюс, Александр Шахов
+370 52 47 4301
ПФ «Рекламос 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 27.05.2005. Формат 60×84 1/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура PetersburgCTT. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.
Зак. № 27/05 от 27.05.2005. Тираж 3000 экз.
Печать ООО «Людопринт Украина», 2005.
01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39–41, к. 1012–1014.
Тел. (044) 289–0879, 287–4280.

© «Экотехнология», 2005

Информационно-технический журнал Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис



СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	3
Производственный опыт	
○ Опыт применения электрошлаковой технологии сварки в ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе». Часть I. В. В. Отроков, М. А. Лактионов, А. А. Клименко, Ю. В. Бондаренко, Н. М. Погуляй	4
○ Совершенствование оборудования и технологии наплавки деталей гидротрансмиссий в боратных шлаках. Н. К. Бизик, В. Г. Медяник, И. А. Рябцев	8
○ Дуговая наплавка самозащитной порошковой проволокой в ОАО «ДМК». В. И. Титаренко, А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, Ю. М. Гитин	10
○ Особенности производства сварочной омедненной проволоки в ОАО «Межгосметиз-Мценск». В. П. Костюченко, М. А. Таранец, З. А. Дегтяренко, С. А. Шапин, В. Д. Кузяков	12
Ремонт и восстановление	
○ Восстановление деталей транспортной техники методом электродугового напыления. В. Н. Пащенко, Е. К. Фень	16
○ Применение электродуговой металлизации для антикоррозионной защиты телевизионной башни в Киеве. И. А. Демьянов, А. П. Мурашов, Ю. С. Борисов, А. П. Грищенко, М. П. Кондра, Б. Н. Бут, В. Н. Сидоренко, А. И. Мизуров	19
○ Обеспечение и подтверждение надежности металла сварных соединений атомных энергоблоков. С. Н. Ковбасенко, Г. Я. Безлюдько	22
Наши консультации	28
Технологии и оборудование	
○ Технологические процессы объемной термообработки корпусного оборудования нагревом изнутри. В. А. Бабкин, П. И. Лавров, П. Б. Ловарев, М. Н. Трухин, П. М. Корольков	30
○ Повышение атмосферостойкости углеродистых сталей. Н. Г. Кухарева, С. Н. Петрович, И. А. Басалай	34
Сертификация и качество	
○ Проблемы аттестации технологии сварки. М. А. Лактионов, В. В. Отроков, А. А. Клименко	38
Подготовка кадров	
○ Опыт ОАО ХК «Лугансктепловоз» по обучению сварщиков. А. Н. Ткаченко, Т. В. Тонян	42
○ Совецание ведущих специалистов сварочного производства Украины. В. М. Илюшенко	44
○ Всеукраинский конкурс сварщиков. Т. Я. Атаманюк	45
Конференции и семинары	
○ Организация современного сварочного производства при изготовлении, монтаже и ремонте оборудования. Научно-практический семинар. И. А. Рябцев	46
○ Повышение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта. Научно-практический семинар. А. А. Кайдалов	47
● Межгосударственные стандарты	49

2005

май–июнь



Новини техніки і технологій	3
Виробничий досвід	
○ Досвід застосування електрошлакової технології зварювання в ВАТ «СМНВО ім. М. В. Фрунзе». Частина I. В. В. Отроков, М. А. Лактіонов, А. А. Клименко, Ю. В. Бондаренко, М. М. Погуляй	4
○ Удосконалення обладнання і технології наплавлення деталей гідро-трансмисій в боратних шлаках. [Н. К. Бізюк, В. Г. Медяник, І. А. Рябцев]	8
○ Дугове наплавлення самозахисним порошковим дротом в ВАТ «ДМК». В. І. Титаренко, А. А. Голякевич, Л. М. Орлов, Ю. М. Гитін	10
○ Особливості виробництва зварювального омідненого дроту в ВАТ «Межгосметиз-Мценск». В. П. Костюченко, М. А. Таранець, З. А. Дегтяренко, С. А. Шамін, В. Д. Кузяков	12
Ремонт і відновлення	
○ Відновлення деталей транспортної техніки методом електродугового напилення. В. М. Пащенко, С. К. Фень	16
○ Застосування електродугової металізації для антикорозійного захисту телевізійної вежі в Києві. І. А. Дем'янов, А. П. Мурашов, Ю. С. Борисов, А. П. Грищенко, М. П. Кондра, Б. Н. Бут, В. Н. Сидоренко, А. І. Мизуров	19
○ Забезпечення та підтвердження надійності металу зварних з'єднань атомних енергоблоків. С. М. Ковбасенко, Г. Я. Безлюдько	22
Наші консультації	28
Технології і обладнання	
○ Технологічні процеси об'ємної термообробки корпусного обладнання нагрівом зсередини. В. А. Бабкін, П. І. Лавров, П. Б. Ловарев, М. Н. Трухін, П. М. Корольков	30
○ Підвищення атмосферостійкості вуглещевістих сталей. Н. Г. Кухарева, С. Н. Петрович, І. А. Басалай	34
Сертифікація і якість	
○ Проблеми атестації технології зварювання. М. А. Лактіонов, В. В. Отроков, А. А. Клименко	38
Підготовка кадрів	
○ Досвід ВАТ ХК «Лугансктепловоз» щодо навчання зварників. О. М. Ткаченко, Т. В. Тонян	42
○ Засідання провідних фахівців зварювального виробництва України. В. М. Ллюшенко	44
○ Всеукраїнський конкурс зварників. Т. Я. Атаманюк	45
Конференції і семінари	
○ Організація сучасного зварювального виробництва при виготовленні, монтажі та ремонті обладнання. Науково-практичний семінар. І. О. Рябцев	46
○ Підвищення експлуатаційної надійності систем трубопровідного транспорту. Науково-практичний семінар. А. А. Кайдалов	47
● Міждержавні стандарти	49

CONTENT

News of technique and technologies	3
Industrial experience	
○ Experience of application of electroslag welding technology in JSC «SMNPO named M. V. Frunze». Part I. V. V. Otrokov, M. A. Laktionov, A. A. Klimenko, Yu. V. Bondarenko, N. M. Pogulyay	4
○ Perfection of equipment and technology of cladding of hydrotransmissions details in borate slags. [N. K. Bizuk, V. G. Medyanik, I. A. Ryabtsev]	8
○ Arc cladding by selfprotective powder wire in JSC «DMK». V. I. Titarenko, A. A. Golyakevich, L. N. Orlov, Yu. M. Gitin	10
○ Features of production of welding copper coated wire in JSC «Mezhgostmetiz-Mtsensk». V. P. Kostyuchenko, M. A. Taranets, Z. A. Degtyarenko, S. A. Shamin, V. D. Kuzyakov	12
Repair and renovation	
○ Renovation of details of transport technique by method of electric arc coating. V. N. Pashchenko, E. K. Fen'	16
○ Application of electric arc metalization for anticorrosion protection of TV tower in Kiev. I. A. Dem'yanov, A. P. Murashov, Yu. S. Borisov, A. P. Grishchenko, M. P. Kondra, B. N. But, V. N. Sidorenko, A. I. Mizurov	19
○ Providing and confirmation of reliability of welding joints metal of nuclear power units. S. N. Kovbasenko, G. Ya. Bezlyud'ko	22
Our consultations	28
Technologies and equipment	
○ Technological processes of volume thermal treatment of housing equipment by inner heating. V. A. Babkin, P. I. Lavrov, P. B. Lovarev, M. N. Trukhin, P. M. Korolkov	30
○ Increasing of atmosphere resistance of carbon steels. N. G. Kukhareva, S. N. Petrovich, I. A. Basalay	34
Certification and quality	
○ Problems of attestation of welding technology. M. A. Laktionov, V. V. Otrokov, A. A. Klimenko	38
Training	
○ Experience of JSC HC «Luganskteplovoyz» in training of welders. A. N. Tkachenko, T. V. Tonyan	42
○ Meeting of leading specialists in welding production of Ukraine. V. M. Llyushenko	44
○ All-Ukrainian competition of welders. T. Ya. Atamanjuk	45
Conferences and seminars	
○ Organization of modern welding production during manufacturing, mounting and repair of equipment. Scientific-practical seminar. I. A. Ryabtsev	46
○ Increasing of exploitation reliability of systems of pipeline transport. Scientific-practical seminar. A. A. Kaydalov	47
● Interstate standards	49

Сварщик

Інформаційно-технічний журнал

Технології
Виробництво
Сервіс

3 (43) 2005

Журнал виходить 6 разів на рік.
Видається з квітня 1998 р.
Передплатний індекс 22405Журнал нагороджений Почесною грамотою і
Пам'ятним знаком Кабінету Міністрів України

Свідоцтво про реєстрацію KB № 3102 від 09.03.98

ЗасновникиІнститут електрозварювання
ім. Є. О. Патона НАН України,
Державне впроваджувальне
підприємство «Екотехнологія»**Видавець**

ДВП «Екотехнологія»

Видання журналу підтримуютьТовариство зварників України,
Національний технічний університет
України «КПІ»Журнал видається за сприяння
UNIDO**Головний редактор**

К. А. Ющенко

Заст. головного редактора

Б. В. Юрлов, Є. К. Доброхотова

Редакційна колегіяВ. В. Андрєєв, В. М. Бернадський,
Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко,
В. М. Ллюшенко, А. А. Кайдалов,
О. Г. Левченко, П. П. Проценко,
І. О. Рябцев**Редакційна рада**В. Г. Фартушний (голова),
М. М. Кононов, П. О. Косенко,
М. О. Лактіонов, Я. І. Микитін,
Г. В. Павленко, В. М. Проскудін,
О. Д. Розмишляев, О. В. Щербак**Редакція**Т. М. Мішина, Г. Л. Берзіна,
В. Ю. Демченко, М. В. Кільчевський**Маркетинг і реклама**

Є. Б. Юрлов, В. Г. Абрамівські

Верстка

Т. Д. Пашигорова, А. Є. Рубльова

Адреса редакції

03150 Київ, вул. Горького, 62

Телефон

+380 44 528 3523, 287 6502

Факс

+380 44 287 6502

E-mail

welder@svitonline.com

URL

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

Представництво в БілорусіМінськ
В'ячеслав Дмитрович Сиваков
+375 17 213 1991, 246 4245**Представництво в Росії**Москва
Олександр Миколайович Тимчук
+7 095 291 7733 (т./ф.)
e-mail: welder@sovintel.ru
www.welder.ru
ТОВ «АНТ «Інтеграція»**Представництво в Прибалтиці**Рига, Яніс Андерсонс
+371 7 538 974, +371 7 538 345 (ф.)
e-mail: janis37@navigator.lv**Представництво в Болгарії**Вільнюс, Олександр Шахов
+370 2 47 4301
ПФ «Рекламос Центрас»
Софія, Стоян Томанов
+359 2 953 0841, 954 9451 (т./ф.)
e-mail: evertood@mail.bg
ООД «Евєрт-КТМ»

За достовірність інформації та зміст реклами відповідальність несуть автори та рекламодавці. Думка авторів статей не завжди співпадає з позицією редакції. Рукописи не рецензуються і не повертаються.

Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати статті. Листування з читачами — тільки на сторінках журналу. У разі використання матеріалів у будь-якій формі посилення на «Сварщик» обов'язкове.

Підписано до друку 27.05.2005. Формат 60×84 1/8.

Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура

PetersburgCTT. Ум. друк. арк. 5.0. Обл.-вид. арк. 5.2.

Зам. № 27/05 від 27.05.2005. Наклад 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопринт Україна», 2005.

01023 Київ, вул. Ш. Руставелі, 39–41, к. 1012–1014.

Тел. (044) 289–0879, 287–4280.

© «Екотехнологія», 2005



Датчик давления сварочной проволоки на изделие

Разработан новый датчик (патент США 5 302 805) для измерения силы давления присадочной проволоки на свариваемое изделие. Сигнал датчика передается в контроллер позиционирования проволоки, который поддерживает заданную силу давления.

В большинстве случаев ранее силу давления присадочной проволоки выбирали и поддерживали операторы. Они оценивали силу давления по боковому отклонению проволоки. Это было не всегда точно из-за инерционности человеческой реакции. Применение же датчика давления и системы автоматического позиционирования присадочной проволоки по отношению к основному материалу позволяет исключить человеческий фактор. Это обеспечивает лучшее качество формирования сварных швов.

Исполнительными механизмами в системе позиционирования являются регулировочные винты, изменяющие угол наклона мундштука и соответственно силу давления проволоки на основной материал.

Датчик и система управления применимы для дуговой сварки плавящимся и неплавящимся электродом.

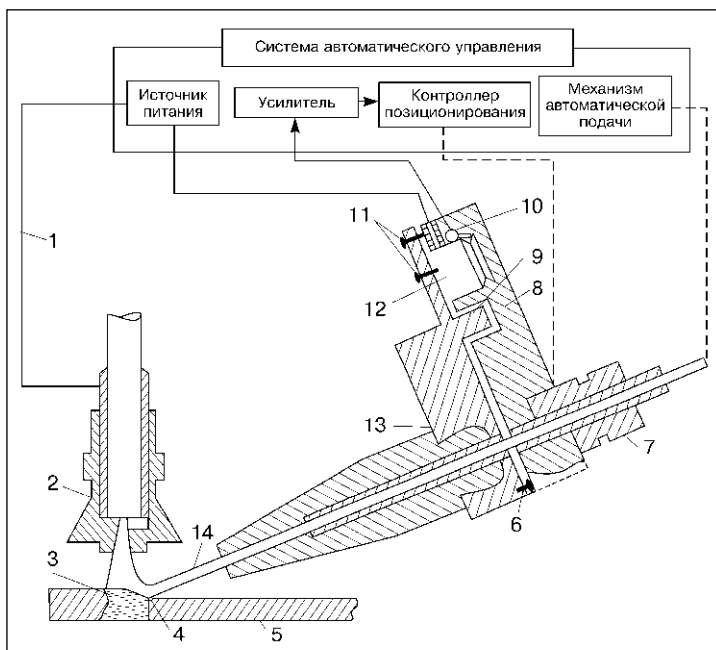


Схема системы автоматического поддержания заданного давления сварочной проволоки: 1 — соединительная цепь; 2 — электрод; 3 — сварочная ванна; 4 — точка контакта; 5 — основной материал; 6 — регулировочный винт 1; 7 — разъем; 8 — поворотный кронштейн; 9 — поворотный выступ; 10 — температурный компенсатор; 11 — регулировочный винт 2; 12 — датчик давления; 13 — механизм поворота мундштука; 14 — присадочная проволока

Датчик разработан по заданию NASA и является его собственностью, но продажа лицензии возможна. ● #546

Technology Transfer Office (Alabama, USA)

Сварочный аккумуляторный полуавтомат ПДГА-257



ЗАО «ЭЛМА» разработало и освоило производство установки ПДГА-257 для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. Источник питания — две последовательно соединенные аккумуляторные батареи стартерного типа, например 6СТ60, и т. п. Кроме двух аккумуляторов, в состав сварочного полуавтомата входят дроссель, регулятор тока, механизм подачи проволоки, автоматическое зарядное устройство и тележка с площадкой для установки баллона (объем 5–10 л).

Техническая характеристика:

Номинальное напряжение питания (аккумуляторы 2×6СТ132), В	24
Номинальный сварочный ток при ПВ=40%, А	160
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8–1,2
Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	90–625
Масса сварочной проволоки, кг	5
Номинальный зарядный ток (при напряжении 12/24 В), А	15
Габаритные размеры, мм, не более	500×550×600
Масса без аккумуляторных батарей, кг, не более	20

Установка ПДГА-257 может успешно применяться для сварочных работ в полевых условиях, когда ограничен доступ к источнику питания 220 или 380 В. ● #547

ЗАО «ЭЛМА» (Донецк)



Опыт применения электрошлаковой технологии сварки в ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе»

Часть I

В. В. Отроков, М. А. Лактионов, канд. техн. наук, А. А. Клименко, Ю. В. Бондаренко, Н. М. Погуляй, ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» (Сумы)

Электрошлаковую технологию в объединении начали применять с 1963 г., когда совместно с ИЭС им. Е. О. Патона в цехе центрифуг были внедрены стенды для электрошлаковой сварки (ЭШС) продольных и кольцевых швов роторов центрифуг из стали марки 30ХГСА.

Восприимчивость стали 30ХГСА к закалке, а также высокий уровень механических свойств обуславливают ряд специфических трудностей, возникающих при сварке. Наиболее серьезными затруднениями являются предотвращение образования холодных трещин и обеспечение требуемого уровня механических свойств сварных соединений.

Для повышения стойкости сварных соединений к образованию холодных трещин необходимо замедлять охлаждение сварного соединения ниже точки A_1 с целью смещения превращения переохлажденного аустенита в область высоких температур. С этой точки зрения электрошлаковая сварка является наиболее приемлемым способом получения сварных соединений из стали 30ХГСА.

Для ЭШС характерно более высокое тепловложение, чем для других способов сварки плавлением. С одной стороны, это благоприятствует снижению опасности появления трещин в зоне термического влияния, а с другой — приводит к росту зерна и получению структуры с низкими пластическими свойствами, особенно снижающими ударную вязкость при отрицательных температурах. Наиболее эффективным способом восстановления пластических свойств сварного соединения до уровня свойств основного металла является высокотемпературная термообработка: нормализация или закалка плюс отпуск.

Оригинальные конструкции стендов ЭШС и технология сварки роторов центрифуг были разработаны совместно со специа-

листами ИЭС им. Е. О. Патона. Требования к механическим свойствам сварных соединений ($\sigma_{0,2} \geq 600$ МПа, $KCU^{+20^\circ C} \geq 50$ Дж/см²) предопределили направление исследований технологических особенностей сварки.

При выборе сварочных материалов руководствовались следующими требованиями к флюсу: обеспечение быстрого и легкого начала электрошлакового процесса и поддержание устойчивого его прохождения, оптимальная вязкость жидкого шлака, исключающая отжимание ползунов от свариваемых кромок и вытекание шлака в зазоры, обеспечение удовлетворительного формирования поверхности шва без подрезов и наплывов. Были апробированы флюсы АН-8, АН-15, АН-22 и АН-18.

С целью повышения стойкости металла шва против образования холодных и кристаллизационных трещин в сварочных материалах ограничивают содержание углерода, а для обеспечения требуемого уровня механических свойств сварочную проволоку легируют хромом, никелем, молибденом и другими элементами.

На первом этапе исследовали возможность применения при ЭШС роторов центрифуг проволоки Св-18ХМА в сочетании с флюсом АН-15. В процессе исследования были выполнены многочисленные эксперименты для определения влияния зазоров и режимов сварки на степень разбавления наплавленного металла основным, химического состава металла шва и режимов термообработки на механические свойства сварных соединений.

Проблему возникновения трещин в зоне термического влияния и в металле шва на замыкающем участке кольцевого шва решили путем немедленного отжига сварного узла после сварки. Требуемый уровень механических свойств сварного соединения был получен только после тройной

Таблица 1. Химический состав флюса, %

Марка флюса	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	CaF ₂	FeO	S	P
АН-15	24,5	23,0	15,0	9,3	2,7	22,5	1,0	0,18	0,20
АН-8	33-36	11-15	4-7	5-7	21-26	13-19	1,5	0,15	0,15

Таблица 2. Химический состав основного и сварочного материала, %

Материал	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	S	P
Св-18ХМА	0,18	0,60	0,25	0,95	0,15	0,24	—	0,015	0,018
Св-08ХН2М	0,07	0,58	0,30	0,87	1,57	0,29	—	0,01	0,012
Св-07ХН3МД	0,06	0,48	0,30	0,96	2,92	0,56	1,04	0,003	0,006
30ХГСА	0,28-0,34	0,96-1,06	10,4-1,10	0,92-1,01	0,1-0,15	—	—	0,01	0,02

Таблица 3. Механические свойства сварного соединения

Номер образ-ца	Доля участия основного металла в наплавленном, %	Основной металл						Сварной шов						ЗТВ	
		σ _в , МПа	σ _т , МПа	δ, %	ψ, %	α _н , Дж/см ²	НВ	σ _в , МПа	σ _т , МПа	δ, %	ψ, %	α _н , Дж/см ²	НВ	α _н , Дж/см ²	НВ
43	42	840	630	19	67	100	240	750	590	20	66	145	240	83	230
51	21	840	635	20	64	96	240	690	550	22	69	188	240	68	207
52	23	845	625	21	65	85	255	725	575	21	62	158	250	70	230
53	50	845	625	21	62	91	240	750	590	21	63	141	240	81	230

термообработки: нормализация + закалка + отпуск. Результаты исследований приведены в табл. 1-3.

На основании полученных в ходе исследований результатов установили следующее:

- Увеличение зазора с 26 до 36 мм и изменение параметров режимов сварки при сохранении постоянной доли участия основного металла в наплавленном практически не оказывают влияния на механические свойства сварных соединений.
- Увеличение доли участия основного металла в металле сварного шва приводит к увеличению содержания углерода в последнем и повышению его механических свойств. При этом ударная вязкость металла шва несколько снижается, а в ЗТВ незначительно возрастает.
- После тройной термообработки (нормализация + закалка + отпуск) твердость основного металла и сварных соединений находится практически на одном уровне при всех режимах сварки.
- Структура основного металла и всех зон сварного соединения состоит из сорбита и включений феррита. В ЗТВ наблюдаются более грубые включения феррита, что, по-видимому, служит причиной снижения ударной вязкости в этой зоне.
- Механические свойства сварных соединений зависят и от режимов послесва-

рочной термообработки. При оптимальных режимах термообработки изменение доли участия основного металла в металле шва от 30 до 55% способствуют возрастанию предела текучести с 600 до 670 МПа.

- Ударная вязкость ЗТВ зависит от исходного состояния основного металла, а именно: от размера карбидных частиц и их скорости растворения при нагреве. Поэтому наибольшая негетогенность свойств в ЗТВ имеет место при сильно дифференцированной исходной структуре с крупными карбидами и наименьшая — при сварке сталей, предварительно подвергавшихся закалке и отпуску.
- Для обеспечения требуемых свойств сварных соединений роторов центрифуг рекомендованы режимы сварки, обеспечивающие долю участия основного металла в сварном шве не менее 35%.

В процессе серийного выпуска центрифуг и анализа результатов испытаний контрольных сварных соединений наблюдали нестабильность механических свойств сварных соединений: снижение предела текучести наплавленного металла и ударной вязкости ЗТВ ниже минимально допустимых показателей. Определенные трудности возникали при выполнении требования немедленного отжига сварного узла после сварки. Поэтому на втором этапе разработали технологию сварки роторов цен-

трифуг из стали 30ХГСА проволокой Св-08ХН2М в сочетании с флюсом АН-8. Указанный флюс оказался наиболее приемлемым для ЭШС углеродистых и низколегированных сталей, и его широко применяют в настоящее время.

В результате исследований установили:

- Применение сварочной проволоки Св-08ХН2М в сочетании с флюсом АН-8 значительно повышает технологическую прочность швов и позволяет исключить необходимость промежуточного отжига после сварки.
- Механические свойства сварных соединений во многом определяют параметры режима термообработки после сварки (определены диапазоны режимов термообработки, которые гарантированно обеспечивают требуемый уровень механических свойств).

На третьем этапе с целью повышения предела текучести металла шва исследовали возможность ЭШС стали 30ХГСА проволокой Св-07ХН3МД в сочетании с флюсом АН-8.

В результате исследований установили:

- В зависимости от условий термообработки на одном и том же сварном соединении можно получить широкий диапазон свойств: предел текучести от 650 до 900 МПа, при этом ударная вязкость изменяется от 24 до 120 Дж/см².
- Оптимальные режимы термообработки, обеспечивающие предел текучести металла шва в диапазоне 650–700 МПа, при этом ударная вязкость превышает 60 Дж/см².
- Режимы термообработки сварных соединений, выполненных проволоками Св-08ХН2М и Св-07ХН3МД, имеют различные оптимальные диапазоны.
- ЭШС стали 30ХГСА приемлемо выполнять проволоками Св-08ХН2М и Св-07ХН3МД в сочетании с флюсом АН-8.

Накопленный опыт при электрошлаковой сварке роторов центрифуг из стали 30ХГСА был востребован при изготовлении толстостенных элементов теплообменных и колонных аппаратов из низколегированных высокопрочных сталей типа 12ХН3А.

Никелесодержащие стали (порядка 3% Ni) известны с начала прошлого столетия и нашли применение для ответственных частей машин и механизмов, мостовых конструкций, броневых плит и т. д. Допол-

нительное легирование другими элементами сталей, содержащих 2–2,5% Ni, позволило значительно улучшить комплекс механических и технологических свойств сплавов, в частности их свариваемость.

В ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» стали типа 12ХН3А широко использовали при изготовлении конструкций линий газоразделения Оренбургского гелиевого завода, что было обусловлено их высокими механическими свойствами ($\sigma_{0,2} \geq 600$ МПа) и работоспособностью при низких температурах — ударная вязкость при 163 К не ниже 30 Дж/см². Хладостойкость никелевых сталей определяет не только содержание никеля, но и однородность состава, мелкозернистость строения. Поэтому никелевые стали перед закалкой и отпуском зачастую подвергают нормализации. После такой термообработки стали типа 12ХН3А в исходном состоянии имеют мелкозернистую феррито-перлитную структуру.

Из-за образования мартенсита в ЗТВ возникают проблемы при сварке таких сталей. Во избежание появления холодных трещин в ЗТВ необходимо снижать скорость охлаждения сварного соединения после сварки и уровень возникающих сварочных напряжений. С этой точки зрения электрошлаковая сварка является наиболее приемлемой. Даже если не удастся избежать мартенситного превращения, распад аустенита происходит в области высоких температур, что делает образующийся мартенсит менее напряженным и более пластичным.

ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» приступило к изготовлению оборудования из сталей типа 12ХН3А с учетом опыта применения сварочных технологий, разработанных ЦНИИ КМ «Прометей» для конструкций с температурой эксплуатации не ниже минус 70 °С до минус 100 °С. Снижение рабочей температуры оборудования линий газоразделения до минус 100 °С потребовало дополнительных исследований с целью обеспечения хладостойкости сварных соединений. В процессе разработки технологии сварки исследовали закономерности измерения ударной вязкости и твердости стали типа 12ХН3А после воздействия термических циклов, характерных для ЗТВ сварных соединений, а также определили возможность восстановления требуемых свойств сварных соединений последующей термической обработкой. В результате экспериментов установили:



- В состоянии поставки стали типа 12ХН3А имеют ударную вязкость при температуре испытания минус 100 °С не ниже 80 Дж/см² и показатели твердости на уровне 220–240 НВ.
- Кратковременный нагрев сталей в состоянии поставки до температур 550–1100 °С приводит к постепенному снижению ударной вязкости при минус 100 °С от 100 до 5 Дж/см², твердости до 430 НВ.
- В нормализованном или отожженном состоянии испытываемый металл имеет твердость порядка 260 НВ и ударную вязкость при минус 100 °С на уровне 10–20 Дж/см².
- Закалка стали при температуре 1000–1100 °С с последующим отпуском в интервале температур 340–650 °С приводит к провалу ударной вязкости при минус 100 °С (10–20 Дж/см²) и повышению твердости по мере снижения температуры (300–400 НВ).
- После закалки стали при температуре 920–940 °С с охлаждением как в масле, так и в воде и последующего высокого отпуска ударная вязкость при минус 100 °С находится на уровне исходного состояния металла — не менее 80 Дж/см², твердость в пределах 230–245 НВ.
- Металл, потерявший хладостойкость после воздействия термических циклов, восстанавливает уровень свойств при повторной термической обработке — закалке при оптимальных температурах и последующем высоком отпуске.

Электрошлаковую сварку сталей типа 12ХН3А выполняли проволоками Св–08ХН2М и Св–07ХН3МД в сочетании с флюсами АН–15 и АН–8. Легирование основных и сварочных материалов хромом и молибденом в количествах до 1% позволило повысить прочностные характеристики металла без существенного влияния на пластические свойства и пороги хладостойкости. Поскольку на образование холодных трещин может повлиять попадающий в металл шва водород, при сварке сталей рассматриваемого типа необходимо принимать особые меры предосторожности против попадания в зону сварки влаги и окалины. Для этого следует сварочные материалы прокалывать и тщательно готовить свариваемые кромок. Стабильные свойства сварных соединений обеспечивает тройная термообработка: нормализация, закалка и высокий отпуск. ● #548

Ультразвуковая сварка изделий из термопластичных полимеров

Технологический процесс изготовления даже самых простых изделий из пластмасс включает в себя операции соединения отдельных деталей или узлов друг с другом. Широкое распространение при производстве изделий из пластмасс получило клеевое соединение. Однако этот способ соединения малоэффективен, так как при его использовании невозможно механизировать процесс соединения деталей, повысить качество соединений и культуру производства, снизить трудоемкость операций, обеспечить безопасность производства.

Устранить недостатки, присущие клеевому способу соединения, можно методом сварки. Наиболее перспективным видом сварки, получившим интенсивное развитие в последние годы в промышленно развитых странах, является ультразвуковая сварка. Работы по исследованию и разработке методов ультразвуковой сварки пластмасс на протяжении более двадцати лет ведутся в Институте технической акустики Национальной академии наук Беларуси. Уровень технических разработок института не уступает мировому, что подтверждается рядом авторских свидетельств. Технология и оборудование внедрены на ПО «Электроизмеритель» (Витебск), ОАО «Руденск», Минском заводе «Термопласт», ЗАО «ИнформТехТранс» и ООО «АНИпласт» (Москва).

Применение ультразвука при сварке пластмасс позволяет автоматизировать процесс соединения, при этом отпадает необходимость использования экологически опасных клеев. Испытания на прочность и герметичность показали, что выход годных изделий возрос с 60% при склеивании до 99% при сварке. Время же процесса соединения снизилось с 20 с при склеивании до 0,7–1,5 с при сварке.

Как показывает опыт применения ультразвуковой сварки полимеров, она успешно заменяет механические способы соединения и склеивания целой группы термопластов. Экологически безвредный процесс ультразвуковой сварки делает возможным ее использование для герметичной упаковки пищевых продуктов и легковоспламеняющихся веществ. Освоение технологии ультразвуковой сварки изделий из термопластичных полимеров позволяет заменить ручные и экологически опасные операции склеивания на автоматизированные и безопасные. Это дает экономию трудовых и материальных ресурсов, безопасность производства и улучшение условий труда. ● #549

*Институт технической акустики НАН Беларуси
(Витебск)*

Совершенствование оборудования и технологии наплавки деталей гидротрансмиссий в боратных шлаках

Н. К. Бизик, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, **В. Г. Медяник**, канд. техн. наук, з-д «Гидросила» (Кировоград), **И. А. Рябцев**, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

В мощных современных гидроприводах широко применяют биметаллические подвижные распределители, в которых сталь обеспечивает прочностные, а бронза — антифрикционные свойства.

В таких распределителях толщина слоя бронзы составляет менее 1,0 мм (рис. 1).

В ИЭС им. Е. О. Патона были разработаны технология и оборудование электрошлаковой наплавки деталей в жидком боратном теплоносителе — шлаке АН-ШТ1. Характерной особенностью этого процесса является одновременный, равномерный и быстрый безокислительный нагрев основного (сталь) и присадочного (медный сплав) металлов. Для реализации этой технологии в промышленности на Кировоградском заводе «Гидросила» была внедрена полуавтоматическая установка ОБ 2327 (рис. 2) для получения биметаллических заготовок тор-

цевого распределителя аксиально-поршневой гидромашины (разработана и изготовлена в ИЭС им. Е. О. Патона).

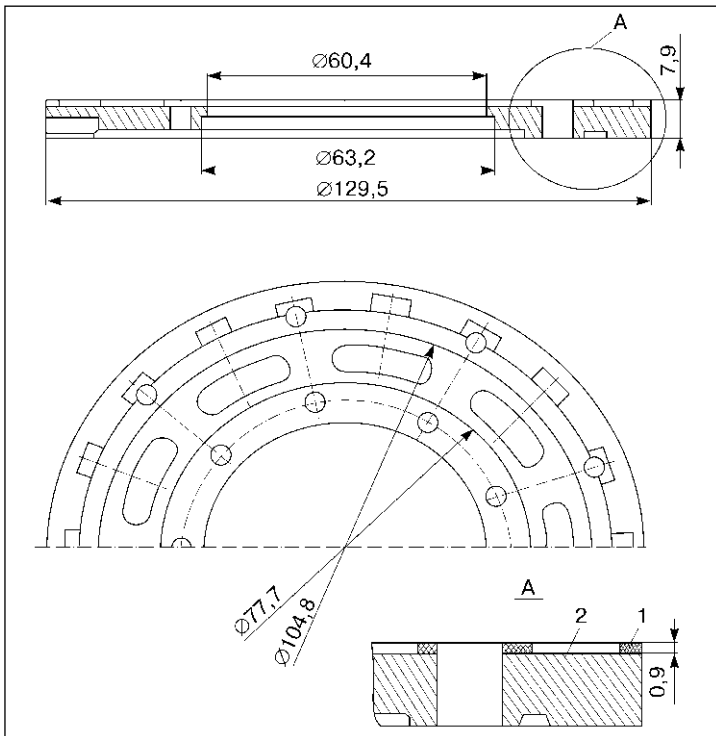
Наплавку производят в печи-ванне 5 установки, в которой находится расплавленный шлак АН ШТ-1. У печи-ванны есть запирающая летка 1, через которую расплавленный шлак по окончании работы сливается в водоохлаждаемую изложницу. Манипулятор установки состоит из механизма горизонтального передвижения и колонны с крышкой. Корпус механизма имеет прямоугольное сечение. По закрепленной на корпусе зубчатой рейке 3 перемещается тележка 4 с колонной 8, по которой при помощи механизма вертикального перемещения 2 передвигается каретка с крышкой 7 и стойками 9 для удержания наплавляемых деталей 6.

Загрузочное устройство имеет колонну 12, на которой укреплены штыри 11, каждый из них снабжен тремя фланцами 10. Диаметр последних соответствует внутреннему диаметру наплавляемой детали. Для укладки заготовок под наплавку штыри поворачивают вокруг оси колонны при помощи рычага 14. Ванна охлаждения наплавленных деталей 13 представляет собой цельносварную емкость, заполненную водой или маслом. Внешний вид наплавленных заготовок распределителя показан на рис. 3.

Производительность установки составляла 12 заготовок в час. В процессе эксплуатации установки была выявлена необходимость внесения ряда конструктивных усовершенствований, направленных на повышение производительности наплавки, качества наплавленных деталей, а также увеличения долговечности электродов печи-ванны.

Для повышения производительности установки необходимо было увеличить тепловую мощность шлакового расплава и количество одновременно наплавляемых деталей, а для повышения стойкости элек-

Рис. 1. Биметаллический (сталь+бронза) подвижный распределитель гидропривода: 1 — наплавленный металл; 2 — основной металл



тродов — уменьшить их участки, не охлаждаемые водой.

На основе выполненных расчетов и экспериментов была проведена модернизация печи-ванны и загрузочного устройства. В печи-ванне были установлены дополнительные электроды. Новое размещение электродов позволило значительно улучшить перемешивание шлакового расплава в печи и уменьшить перепад температур в рабочей зоне печи до $\pm 8^\circ\text{C}$.

В загрузочном устройстве были установлены дополнительные внутренние и боковые опоры для размещения деталей, что позволило одновременно наплавлять 50 заготовок торцевого распределителя. Время наплавки такой партии деталей не превышает 30 мин. За счет уменьшения участков электродов, не охлаждаемых водой, удалось вдвое увеличить стойкость последних.

Современный вид установки для наплавки деталей гидротрансмиссий показан на рис. 4.

Техническая характеристика:

Напряжение трехфазной сети частотой 50 Гц, В	380
Рабочее напряжение на электродах печи-ванны, В	25–36
Потребляемая мощность, кВт	250
Размеры рабочей зоны печи-ванны, мм	680×550×310
Масса теплоносителя, кг	280
Температура теплоносителя, °C	1150
Расход воды, м ³ /ч	4
Площадь, занимаемая установкой, м ²	30
Масса загружаемых в печь-ванну заготовок, кг	75
Количество одновременно наплавляемых заготовок распределителя, шт.	50
Время наплавки 50 заготовок распределителя, мин.	20

При необходимости на модернизированной установке можно выполнять наплавку бронзы на рабочие поверхности блоков цилиндров аксиально-поршневых машин, приставных доньев и других деталей гидротрансмиссий.

В связи с тем, что промышленное производство теплоносителя — синтетического боратного шлака АН-ШТ1 — в настоящее время прекращено, разработана и освоена технология его изготовления в электродной печи-ванне описанной установки. Таким образом, наплавка бронзы на детали гидротрансмиссий на заводе «Гидросила» перестала зависеть от поставок теплоносителя.

● #550

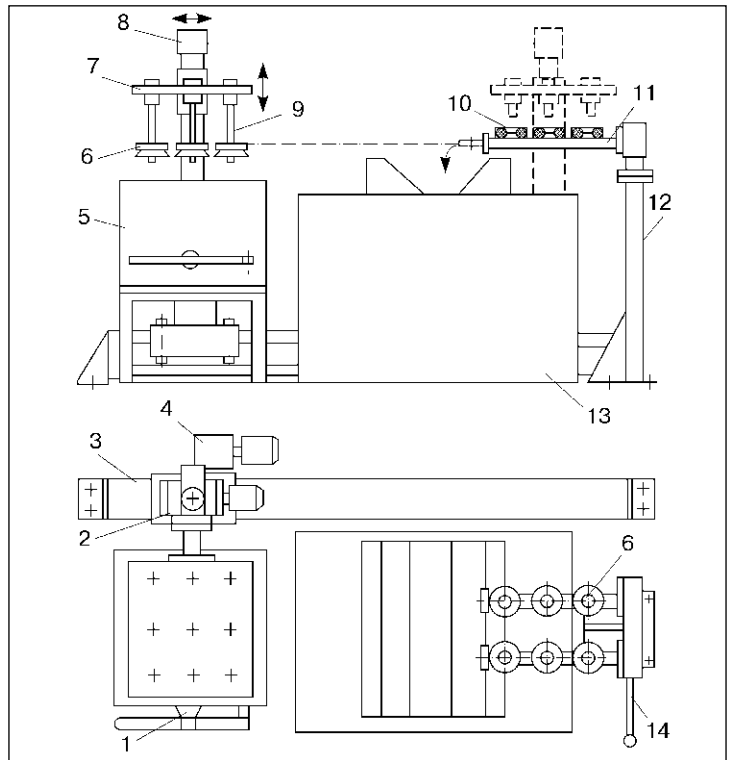


Рис. 2. Схема установки для наплавки деталей гидротрансмиссий в боратном теплоносителе

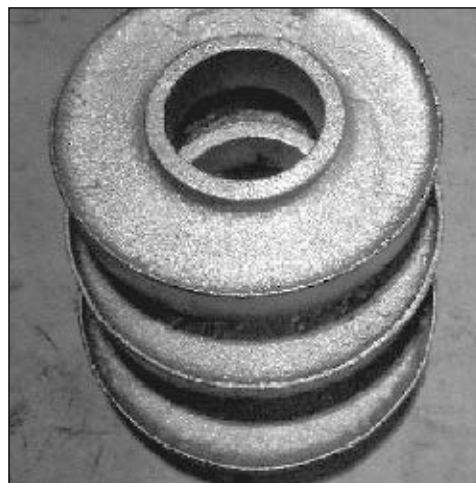


Рис. 3. Наплавленные заготовки торцевого распределителя

Рис. 4. Участок для наплавки деталей гидротрансмиссий в боратном теплоносителе на заводе «Гидросила»



Дуговая наплавка самозащитной порошковой проволокой в ОАО «ДМК»

В. И. Титаренко, ЧНПКФ «РЕММАШ» (Днепропетровск), А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, канд. техн. наук, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (Киев), Ю. М. Гитин, ДМК им. Дзержинского (Днепродзержинск)

Самозащитная порошковая проволока имеет ряд преимуществ перед другими наплавочными материалами: нет необходимости в дополнительной защите в виде флюса или газа, реализация процесса наплавки проволокой малого диаметра более технологична, что в ряде случаев расширяет технологические возможности восстановительной наплавки внутренних и наружных поверхностей цилиндрических деталей малого диаметра, есть возможность визуального контроля за процессом наплавки. Самозащитную порошковую проволоку легко адаптировать к применяемому на предприятиях оборудованию, поэтому не требуются дополнительные финансовые вложения на приобретение специализированного оборудования.

В связи с ограниченностью оборотных фондов перед ремонтными службами стоит задача поддержания работоспособности оборудования при минимальных затратах. Решению этой задачи способствует применение для дуговой наплавки взамен покрытых электродов самозащитной порошковой проволоки.

В ОАО «ДМК» (Днепродзержинск) было предложено выполнить восстановительную наплавку роликов МНЛЗ самозащитной

порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н470С диаметром 2,4 мм с системой легирования С-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V-Nb. Ролики МНЛЗ изготовлены из стали 40Х и представляют собой полу деталь диаметром 140 мм и менее. Наплавку под флюсом и в защитном газе нельзя было применить из-за отсутствия соответствующей комплектации на имеющейся наплавочной установке МКПН-2, модернизированной под наплавку самозащитной порошковой проволокой. Наплавку выполняли в два слоя на режиме: $I_{св}=240-260$ А, $U_{д}=28$ В, $V_{св}=30-34$ м/ч. Выбор наплавочного материала основан на имеющемся девятилетнем положительном опыте применения на ММК им. Ильича (Мариуполь) порошковой проволоки ВЕЛТЕК-Н470 с аналогичной системой легирования для наплавки роликов МНЛЗ под флюсом АН-20С. Сопоставительные испытания с зарубежными аналогами, проведенные на НКМЗ (Краматорск) показали, что по техническим характеристикам наплавленного металла (структурное состояние, твердость, теплостойкость, разгаростойкость, износостойкость) ВЕЛТЕК-Н470 не уступает проволокам ОК 15.73 (ESAB), 4142MM-S HC (Welding Alloys). Эксплуатация опытной партии валков, наплавленных проволокой ВЕЛТЕК-Н470 диаметром 2,4 мм на предприятии «Северсталь» (Череповец), показала, что ресурс роликов находится на уровне зарубежных аналогов. Срок службы роликов, наплавленных самозащитной проволокой в ОАО «ДМК» (рисунок), увеличился в четыре раза.

Самозащитную порошковую проволоку ВЕЛТЕК-Н250РМ диаметром 1,6-3,0 мм успешно применяют при восстановлении подушек прокатных клетей и ножниц, шпинделей и муфт приводов прокатных валков, звездочек, втулок, валов, ступиц, и др. По своим характеристикам она не уступает известной порошковой проволоке UTP DUR 250-FD (Bohler).

Взамен наплавки электродами Т-590 и Т-620 предложена механизированная на-



Рисунок.
Фрагмент
ролика МНЛЗ
диаметром
140 мм,
наплавленный
порошковой
проволокой
ВЕЛТЕК-
Н470С

плавка самозащитной порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н480С диаметром 2,0 мм с системой легирования С-Сг-W-Mo-V-Ti кернов клещевых кранов и губок стрипперного крана. Данные детали в процессе эксплуатации испытывают ударные и сжимающие нагрузки в условиях высоких температур. Керны контактируют с металлом, разогретым до 800–1250 °С, и подвергаются периодическому охлаждению в баках с водой. Металл, наплавленный проволокой диаметром 2,4 мм, имеет твердость после наплавки 50–54 HRC₃, горячую твердость 40–44 HRC₃ при 600 °С и высокую стойкость к трещинообразованию (100 термочиклов до появления первой трещины). Наплавку выполняли полуавтоматом ПДО-517 с источником питания ВДУ506 на режиме I_{св}=240...260 А, U_д=24...26 В. На специальной установке, разработанной и изготовленной ЧНПКФ «РЕММАШ», можно устанавливать под наплавку одновременно 30 заготовок кернов. Время наплавки одного керна составляет 1,5–2,0 мин. Применение механизированной наплавки проволокой ВЕЛТЕК-Н480С позволило повысить эффективность использования наплавочного материала, снизить затраты на ремонт и повысить срок службы кернов в 4–5 раз.

Для наплавки деталей, подвергающихся абразивному износу в сочетании с умеренными ударами, традиционно используют порошковую проволоку ПП-АН170 и электроды Т620. Наплавку выполняют 1–2 слоями. При выполнении многослойной наплавки (более двух слоев) проявляется склонность к трещинообразованию и сколам. В то же время для восстановления отдельных деталей необходима многослойная наплавка 4–5 слоями с целью по-

вышения межремонтного ресурса детали. Для решения данной задачи предложены самозащитные порошковые проволоки ВЕЛТЕК-Н600 (С-Сг-Mo-V-Nb-Ti-B), ВЕЛТЕК-Н620 (С-Сг-Mo-V-Ti-B), которые позволяют выполнять многослойные наплавки до пяти слоев без образования трещин, обеспечивают твердость наплавленного металла 56–63 HRC₃. Наплавленный металл обладает хорошей износостойкостью при повышенных температурах до 600 °С. Износостойкость рабочего слоя детали повысилась на 30–50% по сравнению с износостойкостью при применении проволоки ПП-АН170. Проволоки выпускают диаметром от 2 до 5 мм. С помощью механизированной и автоматизированной наплавки порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н600 диаметром 3,0 мм была восстановлена поверхность большого конуса доменной печи, достигнуто значительное повышение износостойкости по сравнению с износостойкостью при применении электродов Т590, а также в два раза сокращено время ремонта. При автоматической наплавке малого конуса порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н620 диаметром 4,0 мм получена более высокая износостойкость по сравнению с наплавкой лентой ПЛ-АН101. Эти проволоки успешно применяли при упрочняющей наплавке зубьев ковшей экскаваторов, ножей бульдозеров, челюстей грейфера.

Порошковую проволоку изготавливают серийно согласно ГОСТ 26101-84 и действующей нормативно-технической документации, продукция сертифицирована УкрСЕПРО. ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» 12.04.2004 г. получил сертификат на систему управления качеством продукции согласно ДСТУ ISO 9001-2001. ● #551

Издательство «Экотехнология»
ГОТОВИТ К ВЫПУСКУ

Англо-украинский и украинско-английский словарь сварочной терминологии

Двухязычный словарь терминов в области сварки и родственных технологий подготовлен Институтом электросварки им. Е. О. Патона и Институтом украинского языка Национальной академии наук Украины.

Словарь состоит из двух самостоятельных словарных разделов: «Англо-украинский словарь сварочной терминологии» и «Украинско-английский словарь сварочной терминологии».

Англо-украинский раздел словаря содержит около 8000, а украинско-английский — около 5000 простых и составных английских (украинских) слов-терминов, относящихся к



сварке и родственным технологиям, а также их перевод соответственно на украинский и английский языки.

Словарь предназначен для ученых и преподавателей, студентов и учащихся, инженерно-технических работников и специалистов сварочного производства, а также для специалистов других отраслей производства и строительства, которые работают с учебной, научно-технической и нормативной литературой и документацией.

Словарь издается в удобном формате и твердом переплете.

Заявки на приобретение Словаря направлять по адресу: 03150 Киев, ул. Антоновича (Горького), 62, издательство «Экотехнология». Тел./факс: +380 44 287 6502. E-mail: welder@svitonline.com

Особенности производства сварочной омедненной проволоки в ОАО «Межгосметиз-Мценск»

*В. П. Костюченко, М. А. Таранец, З. А. Дегтяренко, С. А. Шамин, В. Д. Кузяков,
ОАО «Межгосметиз-Мценск» (Россия)*

ОАО «Межгосметиз-Мценск» создано в 1999 г. на базе Мценского завода текстильного машиностроения. Оценка состояния основных фондов и оборудования, а также анализ рынка сбыта продукции показали, что у завода нет перспектив развития в текстильной отрасли. Поэтому было принято решение переориентировать предприятие и наладить выпуск высококачественных электродов широкой номенклатуры марок и диаметров.

Для организации производства была создана лаборатория для определения химического состава компонентов покрытия, сварочной проволоки и наплавленного металла. Совместно с ИЭС им. Е. О. Патона внедрена новая марка электродов АНО-36 с покрытием рутилового вида, которая в 2002 г. получила диплом конкурса «100 лучших товаров России». Сегодня завод производит более 100 марок электродов диаметром от 2,0 до 5,0 мм. В 2002 г. была сертифицирована система управления качеством по ISO 9001 (2000).

Логическим продолжением развития производства сварочных материалов стал выбор стратегического направления — выпуск омедненной сварочной проволоки диаметром 0,8–1,6 мм по ГОСТ 2246–70 (рис. 1). В индустриально развитых странах мира объем потребления сплошной

проволоки для механизированной сварки в среде защитных газов составляет 50–85% от объема использования всех сварочных материалов, а в странах СНГ — всего лишь 15–26%.

Повышенным спросом у отечественных потребителей пользуется сварочная омедненная проволока диаметром 1,2 мм. Это обусловлено наличием большого парка оборудования для механизированной сварки проволокой 1,2 мм и отработанной технологией сварки проволокой этого диаметра.

При механизированной сварке в среде углекислого газа или газовой смеси (80% Ar + 20% CO₂) проволока диаметром 1,2 мм обладает хорошими сварочно-технологическими свойствами и обеспечивает высокие механические свойства металла шва.

В современных сварочных технологиях повышение производительности и качества сварки достигается за счет применения сплошных проволок малого диаметра и увеличения скорости их плавления (скорости подачи).

Оценивая ситуацию на рынке Российской Федерации и в странах СНГ и учитывая тенденцию развития и совершенствования технологий производства сварочной омедненной проволоки, наше предприятие отказалось от старой технологии производства, связанной с использованием энергоемких переделов и экологически грязного технологического процесса травления. При разработке технологии производства сварочной омедненной проволоки необходимо было решить ряд задач, связанных с выбором оборудования, сырья, смазок, метода нанесения медного покрытия на стальную основу.

При выборе оборудования учитывался многолетний опыт работы на волочильных станах магазинного типа фирмы «Sket». Недостаток этих станов в том, что ощутимо



Рис. 1.
Линия
химического
меднения
сварочной
проволоки

Таблица 1. Химический состав поставляемой катанки

Наименование	Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Медь
				не более		
ГОСТ 2246–70, ТУ 14–4–495–2001	0,06–0,012	1,80–2,10	0,70–0,95	0,020	0,020	0,25
Фактическое содержание	0,072	1,785	0,719	0,009	0,016	0,179

влияние деформационного старения металла. Поэтому предпочтение было отдано волочильным станам прямоточного типа, оснащенным компьютерной программой управления процессом волочения.

Разработкой технологии омеднения проволоки в процессе волочения занимался ВНИИметиз (Россия). Однако внедрение этой технологии в метизной отрасли практически не шло из-за отсутствия комплекса оборудования — начиная с оборудования для сухого волочения и кончая оборудованием для нанесения медного покрытия. Внедрение сдерживало также отсутствие катанки с высокой пластичностью и технологических смазок. В результате рассмотрения характеристик оборудования для производства омедненной проволоки был сделан выбор в пользу оборудования фирмы «SAMP» (Италия), которое отвечает по качеству изготовления, дизайну, оснащённости электроникой современным требованиям.

Фирма «SAMP» предложила полный комплект технологического высокоскоростного оборудования для волочения низколегированной катанки и нанесения медного покрытия. Комплект включает прямоточный девятикратный стан сухого волочения МТА 560/9, станы мокрого волочения с нанесением медного покрытия МС 35/О и намоточные машины «Servomag».

Особенности производства сварочной омедненной проволоки на линиях фирмы «SAMP»:

- нанесение покрытия ускоренным химическим контактным меднением в растворе медного купороса;
- постоянное время выдержки проволоки в растворе при поддержании его стабильной концентрации;
- уплотнение медного покрытия при повышенном обжатии в калибрующей волоке;
- использование антикоррозионной смазки для калибровки — уплотнения медного покрытия.

Для наиболее эффективного использования оборудования такого класса чрезвычайно важен выбор поставщика сварочной легированной катанки марки Св–08Г2С.

Вопрос качества катанки рассматривали по следующим показателям:

- точность изготовления катанки диаметром 5,5 мм;
- химический состав стали;
- степень удаляемости окалины механическим путем;
- хорошая деформируемость.

Исследования, проведенные на заводе, показали, что, к сожалению, на данный момент российские заводы не могут производить катанку диаметром 5,5 мм с требуемым комплексом характеристик. После анализа качества катанки металлургических заводов ближнего зарубежья был сделан однозначный вывод: Молдавский металлургический завод (Рыбница), имеющий удлиненную линию «Steelmore» для изготовления сварочной легированной катанки диаметром 5,5 мм, может обеспечить необходимую пластичность и деформируемость ее высокоскоростного волочения.

Химический состав катанки оказывает существенное влияние на ее пластичность и прочность. Катанка и, соответственно, проволока Св–08Г2С содержит больше марганца, чем проволока G3Si1, G4Si1 по EN 499, обеспечивая более высокие механические свойства наплавленного металла. Можно предположить, что снижение содержания марганца в катанке Св–08Г2С до 1,60–1,90% позволит улучшить ее технологические свойства при скоростном волочении и не приведет к снижению механических свойств при механизированной сварке в защитных газах.

Совместно с Молдавским металлургическим заводом была решена задача повышения технологичности катанки для высокоскоростного волочения за счет уточнения режимов охлаждения ее при прокатке на линии «Steelmore», уточнения процесса вакуумирования металла, оптимизации содержания легирующих элементов углерода, марганца, кремния. Статистический анализ химического состава катанки, поставленной Молдавским металлургическим заводом, приведен в *табл. 1*.

Катанка, удовлетворяющая разработанным требованиям, обладает нормальной

Таблица 2. Толщина медного покрытия, суммарное содержание меди и предел прочности

Диаметр проволоки, мм	Толщина медного покрытия на проволоке, мкм	Суммарное содержание меди в покрытии и основном металле, %	Предел прочности проволоки, Н/мм ²
0,8	0,15	0,230	1352
1,0	0,21	0,260	1225

Таблица 3. Режим сварки контрольных пластин

Диаметр проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение, В	Скорость подачи проволоки, м/мин	Межваликовая температура, °С
0,8	70–190	18–26	2,0–14	120–150
1,0	95–260	17–29	3,0–14	120–150
1,2	130–340	18–33	3,0–12	120–150
1,6	280–380	24–34	4,0–8,0	120–150

Таблица 4. Механические свойства наплавленного металла при сварке контрольных пластин

Диаметр проволоки, мм	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Работа удара, Дж, при минус 20 °С
0,8	511,7	389,6	27,7	53,4
1,0	515	391,4	30,2	54,5
1,2	514,3	390,9	28,9	61,7
1,6	515,9	392,4	31,1	58,8
Согласно ТУ	490–660	Более 375	Более 22	Более 47

технологичностью как при волочении передельной заготовки на стане сухого волочения модели 560/9, так и при мокром волочении на готовый размер на линиях МС35/АО.

Интенсивное охлаждение барабанов и волок, прямоточное волочение на стане 560/9 позволяет получать качественную равновесную заготовку. При волочении с катанки 5,5 мм средняя величина упрочнения составляет 450 Н/мм². Использование

смазки на основе стеарата кальция и стеарата натрия обеспечивает стойкость волок марки НЗФ фирмы «Sandvik»

Дальнейшее волочение заготовки в готовый размер и нанесение медного покрытия ведется на линиях МС 35/АО, которые состоят из одиннадцатикратного волочильного стана, ванны омеднения и намоточного аппарата. При волочении готовой проволоки диаметром 1,2 мм упрочнение составляет 300 Н/мм². Готовая омедненная проволока имеет более жесткий допуск по диаметру, чем по стандарту DIN 8559, механические свойства соответствуют требованиям стандарта DIN 8559.

Статистический анализ толщины медного покрытия, суммарного содержания меди и предела прочности проволоки представлен в *табл. 2*.

Внедрение нового оборудования для производства сварочной омедненной проволоки, основанного на использовании экологически чистой технологии, исключаящей операцию травления и энергоемкую операцию термообработки передельной заготовки, позволило создать принципиально новую технологическую схему изготовления проволоки диаметрами 0,8–1,6 мм марки Св–08Г2С непосредственно из катанки и обеспечило выпуск качественной сварочной омедненной проволоки в соответствии с требованиями ГОСТ 2246–70 в части химического состава и механических свойств, а также ТУ 1211–058–27286438–2003 в части качества медного покрытия, геометрических размеров проволоки, расфасовки и упаковки.

Анализируя химический состав катанки, поставленной в течение ряда лет, можно утверждать, что Молдавский металлургический завод сегодня производит катанку с содержанием основных элементов: углерода, марганца, кремния, серы – в узких пределах. Эти пределы соответствуют требованиям, оказывающим влияние на сварочно-технологические свойства проволоки и качество наплавленного металла.

Технологичность катанки марки Св–08Г2С при использовании для волочения на волочильном стане МТА 560/9 технологических смазок фирмы «Pan Chemicals» (Италия) характеризуется следующим количеством обрывов:

- при волочении проволоки диаметром 2,0–2,20 мм – 0,45 обрывов на тонну;
- при волочении проволоки диаметром 1,2 мм на станах мокрого волочения МС35/АО – 1,2 обрыва на тонну.



Рис. 2. Точность и плотность намотки регулируется аппаратными средствами

Для повышения стойкости волок при сухом волочении передельной заготовки до диаметра 2,0–2,2 мм дополнительно был установлен усовершенствованный окалиноломатель, что позволило снизить остаточное количество окалины на катанке до 0,6 кг/т.

В последнее время в ряде нормативных документов и у отдельных потребителей появились требования к сварочно-технологическим свойствам омедненной проволоки. Для контроля сварочно-технологических свойств проволоки и набора статистических данных о механических свойствах наплавленного металла был проведен ряд испытаний. Сварка производилась полуавтоматом фирмы «Miller» (США) модели BLU-PAK 35. Режим сварки пластин в газовой смеси «Fagon 20» (аргон 80%; углекислота 20%) приведен в *табл. 3*. Механические свойства наплавленного металла представлены в *табл. 4*.

По результатам работ в технические условия на сварочную омедненную проволоку ввели требования в части свойств наплавленного металла при испытании на растяжение и ударную вязкость.

Также были проведены работы по выбору режимов сварки и сравнительным испытаниям с проволоками других производителей. Установлено, что приведенный в *табл. 3* диапазон режимов сварки позволяет обеспечить хорошие сварочно-технологические характеристики проволоки при сварке во всех пространственных положениях. Конкретные режимы потребитель устанавливает в зависимости от типа сварочных источников и технологии сварки. Сравнительные испытания проволок иностранных производителей не выявили сколько-нибудь заметного их преимущества в части сварочно-технологических свойств, наоборот, на некоторых режимах существует опасность несоответствия металла сварного шва по механическим характеристикам, так как в проволоках зарубежного производства изначально понижено содержание марганца.

Иногда, в целях «повышения производительности труда», сварщик использует завышенные токи сварки, что приводит к значительному ухудшению сварочно-технологических свойств шва при использовании проволоки любого производителя, это никоим образом не может свидетельствовать о качестве проволоки того или иного производителя. Любой сварочный материал имеет наилучшие характеристики только на оптимальных режимах, в против-

ном случае, если есть крайняя необходимость в применении режима, не являющегося оптимальным, разработчику технологии нужно изначально считаться с ухудшением ряда характеристик при использовании данного сварочного материала.

На сегодняшний день ОАО «Межгосметиз-Мценск» производит свыше 500 т в месяц омедненной проволоки диаметром 0,8–1,6 мм на еврокассетах К300 по DIN 8559 (B300 по BSEN 759) массой 15–18 кг и на пластмассовых катушках D200 по DIN 8559 (S200 по BSEN 759) массой 5 кг с точной рядной намоткой (*рис. 2*).

В настоящее время начато производство сварочной проволоки с намоткой в картонные барабаны МГМ–250 (массой 250 кг проволоки) для применения на роботизированных сварочных комплексах, что позволяет повысить производительность сварки на механизированных и автоматизированных линиях, сократить потери металла, уменьшить транспортные расходы на 1 т проволоки. В ближайшее время планируется производство омедненной проволоки диаметром 2,0–4,0 мм на еврокассетах К 400. Развернуто производство высоколегированных проволок Св-06Х19Н9Т, Св-04Х19Н11МЗ, Св-07Х25Н13 и Св-10Х16Н25АМ6 диаметрами от 0,8 до 1,6 мм с рядной намоткой на еврокасеты К300 и Д 200.

Предприятием получены сертификаты Российского Морского Регистра и Регистра Ллойда, НАКС, сертификаты соответствия Беларуси и Украины.

● #552

Справочник

Всё о судостроении и судоремонте Украины

NEW

В справочник вошли подробные сведения о крупнейших судостроительных и судоремонтных предприятиях: специализация, дополнительные услуги, которые предприятия оказывают своим клиентам, контактные телефоны различных служб, информация о производственных мощностях и технических возможностях заводов, построенных судах и объемах производства, инвестиционных планах. Кроме того, в справочнике представлены смежные предприятия — поставщики оборудования, материалов и пр.

Справочник распространяется через редакцию, подписные агентства, а также на международных выставках и конференциях.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПОРТЫ
УКРАИНЫ

Ул. Большая Арнаутская, 24,
офис 4, Одесса, 65012,
Украина
Тел.: (0482) 37-38-35,
37-19-80, 37-38-82.
E-mail: info@uports.odessa.ua
www.uports.odessa.ua



Восстановление деталей транспортной техники методом электродугового напыления

В. Н. Пащенко, Е. К. Фень, кандидаты техн. наук, Национальный технический университет Украины «КПИ» (Киев)

Для восстановления изношенных деталей транспортной техники (в первую очередь шеек коленчатых валов различных двигателей) в основном применяют сварочно-наплавочные методы. Недостатками этих методов являются: значительные термические воздействия на деталь, возникновение в деталях остаточных напряжений, деформаций, трещин и, как следствие, снижение срока службы по сравнению с новыми деталями. Кроме того, для наплавленного материала характерен значительный разброс физико-механических свойств.

Таких нежелательных последствий восстановления можно избежать, используя различные методы газотермического нанесения покрытий:

- порошковыми материалами газопламенным, плазменным и детонационно-газовым методами;
- сплошной и порошковой проволоками методом электродугового напыления.

Метод электродугового напыления с использованием порошковой проволоки особенно эффективен при необходимости получения покрытия на восстанавливаемых деталях с высокой прочностью сцепления с основой и высокой износостойкостью, а также с контролируемой пористостью.

Пористая поверхность покрытия (пористость 2–5%) обладает хорошими антифрикционными свойствами благодаря способности удерживать в порах смазочный материал (масла). Смазка выделяется из пор в процессе трения детали с покрытием о сопряженную деталь. Масло обычно поступает из пор работающей детали при повышенных температурах, и процесс этот происходит периодически. Благодаря этому повышается износостойкость, обеспечивается хорошая прирабатываемость пар трения, низкий коэффициент трения, повышается сопротивляемость схватыванию, уменьшается возможность появления задиров на поверхности при трении скольжения на воздухе. Поры, заполненные смазочным материалом, одновременно являются как

бы «сточными ямами» для разных микродефектов структуры поверхности, которые образуются в процессе трения. Поры вбирают в себя продукты износа и затрудняют развитие микротрещин в покрытии. Схватывание металлов может происходить при взаимодействии свободных от окисных пленок металлических поверхностей покрытия и контртела. Пористые материалы снижают возможность появления схватывания, в то время как у беспористых материалов за счет увеличения поверхности контакта схватывание увеличивается.

Для нанесения покрытий из порошковой проволоки методом электродугового напыления может быть использован опытно-промышленный распылитель, разработанный в Институте газа НАНУ. В основу работы распылителя положена схема обдува стабилизированной электрической дуги, горячей между двумя порошковыми проволоками, горячими продуктами горения смеси метана (пропан-бутана) и воздуха, истекающими со сверхзвуковой скоростью из соплового устройства. Высокая скорость продуктов горения способствует интенсивному разгону и дроблению частиц плавящегося и расплавленного материала порошковой проволоки и позволяет формировать покрытия с высокой прочностью материала и высокой прочностью сцепления с основой, а также с небольшим количеством пор. В системе «покрытие—основа» действуют напряжения сжатия, которые затрудняют образование трещин в покрытии, увеличивают сопротивление усталостному разрушению деталей и повышают износостойкость материала покрытия.

Авторами разработаны специализированные порошковые проволоки, позволяющие решать задачи восстановления изношенных поверхностей. Оболочка проволок изготовлена из стали марки 08кп или 08пс, а в состав шихты входят порошки металлов, ферросплавов и тугоплавких соедине-

ний, которые позволяют получать износостойкие покрытия с высокой прочностью сцепления с основой из сталей марок 40 и 55, высокой твердостью и низким коэффициентом трения.

При выборе состава порошковых проволок учитывали особенности процесса сверхзвукового электродугового напыления:

- окислительно-восстановительных процессов в период нагрева, разгона и затвердевания напыляемого материала;
- нагрева и плавления частиц шихты порошковых проволок электрической дугой и потоком высокотемпературного газа, а также повышение их температуры за счет экзотермических реакций;
- создания прочных связей между покрытием и поверхностью основы за счет активации химического взаимодействия между ними;
- получения в материале покрытия твердых и прочных соединений типа оксидов, боридов, нитридов и карбидов.

Техническая характеристика процесса нанесения покрытий методом электродугового напыления:

Рабочее напряжение дуги, В	40–45
Сила тока дуги, А	210–250
Давление воздуха и газа, МПа	0,5–0,6
Производительность напыления, кг/ч	10–12
Дистанция напыления, мм	210–220
Скорость подачи проволоки, см/с	2
Диаметр распыляемой проволоки, мм	2,0–2,4
Коэффициент заполнения шихты в проволоке, %	30–32
Размер частиц порошка шихты, мкм	40–160

Перед нанесением покрытий напыляемую поверхность детали обезжиривали и подвергали абразивно-струйной обработке. Поверхность детали, не подлежащую восстановлению (на которую не напыляли покрытие), защищали экранами. Проволоку перед напылением обезжиривали и сушили в камерной электропечи при температуре 250–300 °С.

Напыление проводили в звукозащитной камере с принудительной вытяжной вентиляцией.

Определены основные физико-механические свойства покрытий, полученных из предлагаемых порошковых проволок.

Прочность сцепления покрытий с основой (толщина покрытия составляла 400–500 мкм) определяли методом «конусного штифта» на разрывной машине МР–5. Для разных марок сталей она составляет 55–70 МПа.

Твердость по Бринелю (толщина покрытия 400–500 мкм), измеренная на установке ТШ–2М (ГОСТ 912–84 и ГОСТ 18835–73), равна 430–500 НВ при шероховатости поверхности шлифа $Ra=0,32\ldots 0,16$ (ГОСТ 2789–73).

Перед проведением триботехнических испытаний исходную шероховатость поверхности доводили до $Ra=0,32\ldots 0,16$, как и при испытании на твердость. Путь приработки при исследовании триботехнических свойств составлял от 200 до 500 м в зависимости от состава порошковой проволоки.

Интенсивность изнашивания покрытия и коэффициент трения материала покрытия (толщина покрытия 500–600 мкм) при трении скольжения на воздухе при комнатной температуре с принудительной смазкой М14В2 (капельная — одна капля за 15–20 с) исследовали на универсальных машинах трения СМЦ–2 и УМТ–1 (ГОСТ 26614–85). Использовали контртело твердостью 65 НВ (ГОСТ 2685–75) из сплава на основе алюминия типа АЛО20–1.

Интенсивность изнашивания ($P=5$ МПа, $V=0,6\ldots 1,0$ м/с) составила 0,004–0,005 мкм/км. Минимальный коэффициент трения при этом не превышал 0,014–0,017, что соответствует «жидкостному» или граничному трению с минимальной толщиной масляной пленки. Рост коэффициента трения после минимального его значения связан с разрушением сплошной масляной пленки на поверхности покрытия и зависит от увеличения давления и нагрева в процессе работы. Он может достигать максимального значения, т. е. 0,1. После разрушения сплошной масляной пленки на поверхности трения интенсифицируются процессы изнашивания, окисления, схватывания, а затем появляются задиры.

Исследования на износостойкость при фреттинге материала покрытия на воздухе проводили на машине трения МФК–1 разработки КИИГА. Толщина покрытия составляла 250–300 мкм. Линейный износ (при $P=20$ МПа, $f=30$ Гц, $A=0,1$ мм, $T=20$ °С и $N=5\cdot 10^5$ циклов) находился в пределах 8–12 мкм.

Результаты всех видов исследований обрабатывали согласно ГОСТ 23211–80.

Рис. 1.
Микро-
структура
покрытия из
порошковой
проволоки
($\times 600$)

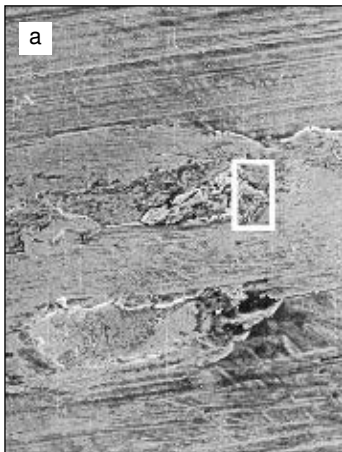
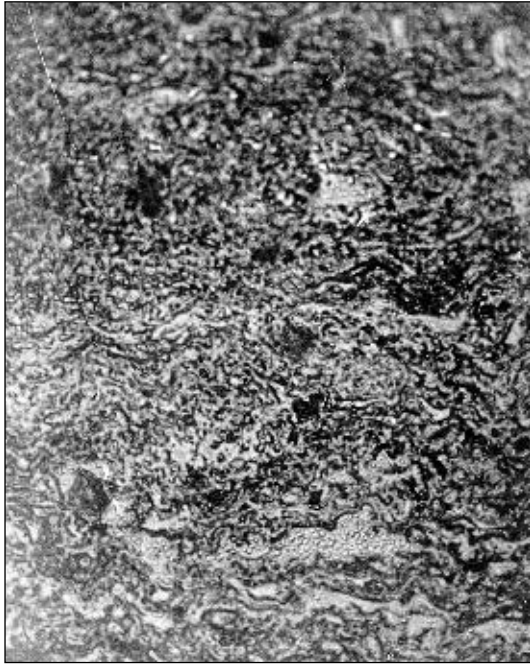


Рис 2. Микроструктура покрытия после триботехнических испытаний ($\times 150$): а — прямоугольником обведен фрагмент сплава АЛО20–1 в порах покрытия на фоне оксидной пленки; б — то же при увеличении $\times 900$

Структурные исследования, проведенные на микроскопе МИМ–9, и фазово-рентгенструктурный анализ показали наличие следующих процессов:

- образования оксидов различной морфологии, переменного состава и твердости;
- частичного растворения карбидов типа Me_3C , Me_7C_3 , $Me_{23}C_6$, интерметаллидов, образование пересыщенных твердых растворов переменной концентрации.

Структура покрытий имеет слоистый характер, характерный для покрытий из порошковых материалов аналогичного состава, нанесенных сверхзвуковым плазменным методом (рис. 1).

Фазы внедрения MeC , являющиеся базовыми карбидами эвтектик, в процессе

электродугового напыления сохраняют свою морфологию, практически не растворяясь в матрице. Сплавы, содержащие фазы внедрения, отличаются более высокой твердостью и неоднородностью.

Триботехнические испытания показали, что для исследуемых покрытий характерно механохимическое изнашивание, сопровождающееся образованием на поверхностях сопряженной пары пленок, обогащенных кислородом.

На начальных этапах процесса трения наблюдаются следующие изменения в поверхностных слоях:

- разрушение гребней шероховатости, в основном по краям пор;
- заполнение микропор частицами износа как материала покрытия, так и контртела;
- уменьшение пористости по сравнению с исходной поверхностной пористостью в 1,5–2 раза;
- образование новых пор в результате выкрашивания отдельных твердофазных структурных включений и появление следов микрорезания от этих включений.

Тип упрочняющей фазы оказывает заметное влияние на процесс трения, особенно на начальном этапе. Покрытия, содержащие в структуре тугоплавкие карбиды, нитриды и бориды, отличаются более высоким уровнем износостойкости. Однако период приработки таких покрытий увеличивается в 2–3 раза и может вызвать заметный износ как покрытия, так и контртела на основе алюминия. При этом можно наблюдать перенос материала контртела на поверхность покрытий, заполнение им неровностей и пор (рис. 2).

Область оптимальных значений интенсивности изнашивания находится в районе максимальных скоростей скольжения, поэтому определяющим фактором интенсивности изнашивания является удельная нагрузка, а также материал контртела.

Пористость напыленных покрытий составляет 2–5%. На границе раздела «покрытие–основа» нет раковин, отслоения и трещин.

Финишную обработку покрытий выполняют шлифовальными кругами из карбида кремния (ГОСТ 2244–81) или шлифовальным алмазным кругом (ГОСТ 16167–71) с последующей доводкой алмазными пастами марок АСМ (ГОСТ 16877–71).

Применение электродуговой металлизации для антикоррозионной защиты телевизионной башни в Киеве

И. А. Демьянов, А. П. Мурашов, канд. техн. наук, Ю. С. Борисов, д-р техн. наук, А. П. Грищенко, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, М. П. Кондра, канд. техн. наук, Б. Н. Бут, ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В. Н. Шимановского», В. Н. Сидоренко, А. И. Мизуров, Киевский радиотелевизионный передающий центр

Киевская телевизионная башня построена в 1973 г. За 32 года ее эксплуатации различные элементы металлоконструкции подверглись значительной коррозии. Для долговременной защиты поврежденных участков было выполнено газотермическое напыление антикоррозионных покрытий.

Традиционным методом антикоррозионной защиты большинства металлоконструкций является покраска, к преимуществам которой относят простоту технологии, возможность обработки поверхности различной конфигурации, относительно невысокую стоимость. Основным недостатком метода является малый срок защиты, составляющий 2–5 лет, и связанные с этим значительные затраты по обслуживанию объектов, для проведения ремонта или восстановления защитных покрытий. Проведение таких работ на эксплуатируемых крупногабаритных объектах — сложный и дорогостоящий процесс. Одним из наиболее надежных и перспективных методов долговременной защиты крупногабаритных объектов является газотермическое нанесение покрытий из цинка, алюминия или его сплавов.

Исследования коррозионных свойств ряда газотермических покрытий, проведенные в ИЭС им. Е. О. Патона, и опыт эксплуатации различных объектов с металлизационными покрытиями в СНГ, США, Англии, Японии, Норвегии и других странах показали их способность обеспечивать коррозионную защиту в широком диапазоне агрессивных сред, включая морскую и промышленную атмосферу. Определено, что газотермические покрытия обеспечивают антикоррозионную защиту в течение 25–50 лет без существенных эксплуатационных затрат.

Использование для антикоррозионных покрытий цинка, алюминия или его сплавов позволяет осуществить комплексную защиту поверхности, создавая, с одной стороны, барьер воздействию среды, с другой — электрохимически обеспечивая катодную защиту стали.

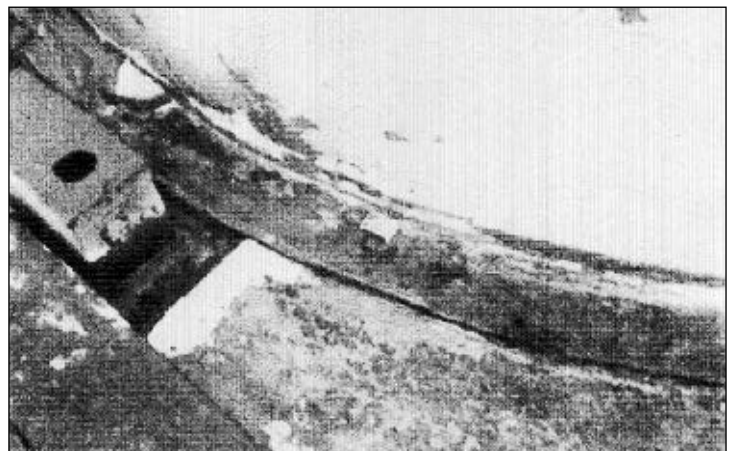
Несмотря на более высокую первоначальную стоимость нанесения металлизационных покрытий, их стоимость с учетом нанесения и последующего обслуживания в 2–5 раз и более ниже стоимости лакокрасочных.

Высота телевизионной башни в Киеве 380 м. На ее монтаж истрачено около 2738 т металлического проката, 23 т арматуры, 1066 м³ железобетона.

Антикоррозионную защиту башни осуществляют с помощью покраски, которую проводят каждые 5 лет. На покраску было истрачено около 8 т краски, а стоимость работ составила более миллиона гривен.

Наиболее пораженные участки находились на площадках технических зданий на высоте 80 и 200 м. Это участки площадок, примыкающие к оболочке шахты лифтов, где постоянно собираются атмосферные

Рис. 1. Зона стыка площадки технического здания с оболочкой шахты лифта



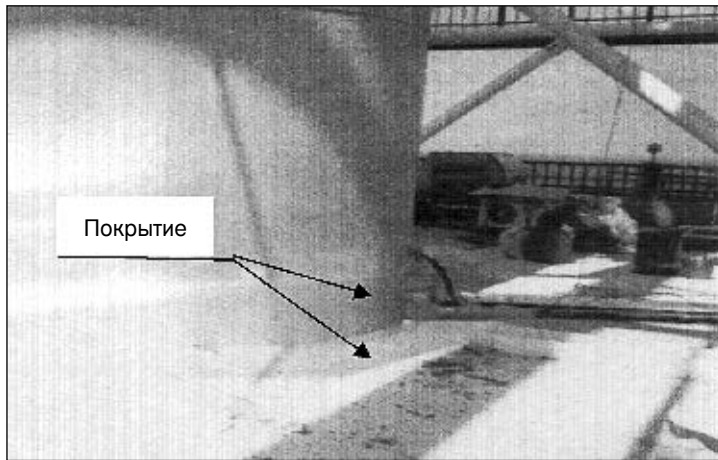


Рис. 2. Зоны напыления защитного покрытия

осадки. Применение многослойных лакокрасочных покрытий не обеспечило защиту этих участков (рис. 1). На поверхности площадок, в местах стыка, на сварных швах образовался слой продуктов коррозии толщиной 1–1,5 мм.

После обследования башни специалистами ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В. Н. Шимановского» и ИЭС им. Е. О. Патона было принято решение о газотермическом нанесении цинкового покрытия толщиной 160 мкм с дальнейшей двухразовой пропиткой химически стойким лаком с наполнителем. Был выбран электродуговой метод нанесения покрытия как один из наиболее эффективных и экономичных методов. Для проведения работ на площадке технических зданий были подняты необходимое технологическое оборудование и материалы.

Газотермическое покрытие было нанесено по периметру оболочки шахты лифтов, высота участка напыления составила 400 мм от линии примыкания к горизонтальной площадке, а также на участки площадок вокруг шахты лифтов на ширину 400–600 мм от границы стыка с шахтой (рис. 2). Технология нанесения защитного покрытия включала подготовку поверхности, нанесение покрытия, пропитку покрытия.

Подготовка поверхности, подлежащей антикоррозионной защите, заключалась в удалении грязи, влаги, очистке прокорродировавших участков, удалении и замене проржавевших элементов конструкции. Были удалены каучуковые пробки в местах стыка сварных швов оболочки шахты и площадок. Сложность подготовки поверхности заключалась в том, что площадки изготовлены из рифленого металлического листа, и слой ржавчины вместе с много-

слойным лакокрасочным покрытием толщиной 0,5–1,5 мм был прочно закреплен между углублениями. Для удаления старой краски и ржавчины в качестве абразивного материала использовали сухой речной песок, а для достижения шероховатости $Rz=10\text{--}60$ мкм применили нормальный электрокорунд с размером зерна 0,8–1 мм. Струйно-абразивную обработку проводили в сухую погоду при температуре 20°C аппаратом АД-150 с использованием сжатого воздуха давлением 0,6 МПа от компрессора ПК-5,25 (воздух соответствовал классу 3 по ГОСТ 17433-80); при загрязнении подготовленной поверхности обработку повторяли.

Режимы струйно-абразивной обработки:

<i>Рабочее давление сжатого воздуха, МПа</i>	0,6
<i>Расстояние от среза сопла до поверхности, мм</i>	50–150
<i>Угол наклона сопла к поверхности, ...°</i>	60–90
<i>Расход сжатого воздуха, м³/ч</i>	300
<i>Диаметр сопла, мм</i>	8

Нанесение покрытия проводили сразу после окончания струйно-абразивной обработки электродуговым металлизатором ЭМ 14М, модернизированным в ИЭС им. Е. О. Патона. Для нанесения покрытия использовали цинковую проволоку технической чистоты диаметром 2 мм. Перед напылением проверяли и подготавливали проволоку. Ее поверхность должна быть чистой, без окисления, вмятин, заусенцев, расслоений и перегибов. Напыление выполняли проходами по двум направлениям: горизонтально и вертикально. Процесс проводили в сухую погоду при температуре окружающей среды не менее 20°C .

Режимы напыления:

<i>Рабочее напряжение дуги, В</i>	24
<i>Сила рабочего тока дуги, А</i>	300
<i>Дистанция напыления, мм</i>	150–250
<i>Рабочее давление сжатого воздуха, МПа</i>	0,6
<i>Расход сжатого воздуха, м³/ч</i>	120

Для пропитки напыленного слоя использовали химически стойкий лак с наполнителем. Пропитку наносили в два слоя сразу после напыления валиками и кистью с интервалом между нанесением слоев 30 ч.

Контроль качества. Чистоту сжатого воздуха оценивали ежедневно перед нача-

лом работы по отсутствию пятен масла и влаги на белой фильтровальной бумаге. При появлении следов масла или влаги очищали ресивер, фильтры, продували системы сжатым воздухом.

Качество поверхности после абразивной обработки оценивали по образцу-свидетелю визуально, сравнивая с образцами-свидетелями, имеющими шероховатость $Rz=10$ и $Rz=60$ мкм. Средняя величина шероховатости подготовленной поверхности составляла около $Rz=20$ мкм.

Напыленное покрытие оценивали визуально по внешнему виду. Цинковое покрытие имело светлый оттенок, характерный для данного покрытия. Наблюдали небольшое колебание оттенка напыленного покрытия. Пропуски, сколы, вздутия, металлические брызги, трещины и другие дефекты отсутствовали.

Толщину напыленного покрытия контролировали при помощи толщиномера Minitest 2100 Elektrophisik Typ: 116-01-06 (Germany). Равномерность толщины определяли по среднему значению 10 измерений. Толщина слоя колебалась от 160 до 210 мкм, что связано с наличием перегибов, карманов.

Прочность сцепления покрытия с основой определяли на контрольном образце методом «решетки», прорезая граверным штихелем две серии параллельных надрезов под углом 90° . Каждая серия представляла шесть параллельных надрезов длиной 20 мм на всю глубину покрытия, выполненных на расстоянии 5 мм друг от друга, в результате чего образовывалась решетка с ячейкой 5×5 мм. При прорезывании слоя покрытие не отделялось и не крошилось, что соответствовало требованиям к антикоррозионным покрытиям.

В связи с сильным электромагнитным излучением передающих антенн работы, проводимые на высоте 200 м, длились не более двух часов в смену.

После трех лет эксплуатации напыленные покрытия на защищенных участках телевизионной башни выглядят так же, как и после окончания работ, на покрытиях отсутствуют какие-либо следы коррозионных повреждений. Обслуживание покрытия не требуется.

Проведенная работа показала, что применение электродуговых металлизационных покрытий повышает эффективность антикоррозионной защиты ответственных крупногабаритных объектов. ● #554

РЕЦЕНЗИЯ



В. Я. Кононенко. Технологии подводной сварки и резки. Киев: «Экотехнология», 2004. — 136 с.



Книга рассчитана на научный и инженерно-технический персонал, а также высококвалифицированных водолазов-сварщиков, знакомых с теоретическими основами подводной сварки-резки и выполняющих подводно-технические работы.

Автор В. Я. Кононенко, кандидат технических наук, водолаз-сварщик с опытом работы под водой более 6300 часов, член комитета D3.6 Американского сварочного

общества (American Welding Society) — один из крупнейших специалистов в области подводной сварки, известный профессионалам не только на территории стран бывшего СССР, но и в Европе, Америке, странах Азии. Изучению и совершенствованию технологии подводных электросварочных работ он посвятил более 30 лет.

На счету В. Я. Кононенко самостоятельные исследования состава парогазового пузыря и термического цикла при сварке под водой, изучение сварных соединений, стабильности дугового процесса и свариваемости сталей, обоснование необычных технологических решений, создание и испытания нового оборудования и материалов, сотрудничество с ведущими фирмами США, преподавательская работа в Иране, консультирование программ ООН. Практический опыт он приобретал, участвуя в крупнейших производственных проектах с использованием подводной сварки и резки при судоподъеме теплохода «Моздок», в ходе работ по строительству подводного перехода нефтепровода Александровское — Анжеро-Судженск через реку Обь, при восстановлении подводного перехода водовода в Ижевске, на ремонтных работах на водозаборе Казани, на подводных переходах волжских и камских нефтепроводов, газопроводов на Днестре, на судовых корпусных работах в Петропавловске-Камчатском.

В условиях сегодняшнего дефицита специальной профессиональной литературы по технологии подводно-технических работ книга не может не привлечь к себе самый широкий интерес. Несомненно, новая работа В. Я. Кононенко знаменует этап в развитии технологии подводной сварки.

Руководитель водолазной школы кафедры морской и подводной медицины Государственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного образования, профессор К. В. Логунов

Обеспечение и подтверждение надежности металла сварных соединений атомных энергоблоков

*С. Н. Ковбасенко, канд. техн. наук, Институт ядерных исследований НАН Украины (Киев),
Г. Я. Безлюдько, канд. техн. наук, НПП «Специальные научные разработки» (Харьков)*

Техногенная катастрофа на четвертом блоке ЧАЭС в 1986 г. (реактор РБМК-1000) затормозила развитие атомной энергетики во всем мире и создала негативный имидж Украины. В связи с этим МАГАТЭ обязала все страны, эксплуатирующие ядерные энергоблоки, во главу угла поставить безопасность. Особое внимание уделяется диагностике работоспособности и ресурсу металла.

Оборудование АЭС — это в основном сварные высоконапорные, крупногабаритные сосуды давления (СД), связанные трубопроводами первого и второго контуров с расчетными давлениями 18 МПа (испытательными до 25 МПа) и расчетными температурами до 350 °С. Они определяют в большинстве случаев интегральные риски, надежность и безопасность всей ядерной установки (ЯУ). Работоспособность металла основных узлов энергоблоков является

одним из главных факторов гарантии безопасности АЭС. На 15 энергоблоках Украины (ВВЭР-1000 и ВВЭР-440, *таблица*) сегодня вырабатывается больше половины всей электроэнергии страны. При этом семь из них отработали 20 лет и более.

Мониторинг надежности металла на АЭС Украины осуществляют в соответствии с разработанными в СССР в 1980-х гг. Правилами [1, 2, 3, 4], которые регламентируют существующие виды и методики неразрушающего контроля и разрушающего с механическими испытаниями специальных образцов и моделей узлов.

Проблемы сварных соединений на энергоблоках ВВЭР связаны с ограниченной свариваемостью низколегированных, высокопрочных перлитных, теплоустойчивых сталей Cr-Ni-Mo-V-легирования. Техно-

Таблица. Содержание никеля, марганца и вредных примесей в швах № 3 и 4 корпусов реакторов Украины

АЭС, № блока	Тип реактора	Дата пуска	Предполагаемый останов ЯУ	Ni, %	Mn, %	Cu, %	P, %	S, %
РАЭС-1	ВВЭР-440/В-213	22.12.1980 г.	22.12.2010 г.	0,14	1,24	0,18	0,028	0,014
РАЭС-2	«	22.12.1981 г.	22.12.2011 г.	0,18	0,93	0,03	0,023	0,008
РАЭС-3	ВВЭР-1000/В-320	21.12.1986 г.	21.12.2016 г.	1,64	0,76	0,03	0,008	0,008
РАЭС-4	«	15.10.2004 г.	15.10.2034 г.	1,63	0,74	0,05	0,007	0,008
ЮУАЭС-1	ВВЭР-1000/В-302	31.12.1982 г.	31.12.2012 г.	1,72	0,82	0,05	0,008	0,008
ЮУАЭС-2	ВВЭР-1000/В-338	06.01.1985 г.	06.01.2015 г.	1,74	0,93	0,05	0,007	0,010
ЮУАЭС-3	ВВЭР-1000/В-320	20.09.1989 г.	20.09.2019 г.	1,72	0,74	0,06	0,005	0,005
ХАЭС-1	«	22.12.1987 г.	22.12.2017 г.	1,88	0,97	0,02	0,006	0,007
ХАЭС-2	«	15.06.2004 г.	15.06.2034 г.	1,38	0,82	0,04	0,008	0,006
ЗАЭС-1	«	10.12.1984 г.	10.12.2014 г.	1,10	0,78	0,03	0,005	0,010
ЗАЭС-2	«	02.07.1985 г.	02.07.2015 г.	1,20	1,00	0,04	0,008	0,009
ЗАЭС-3	«	10.12.1986 г.	10.12.2016 г.	1,55	0,67	0,03	0,008	0,008
ЗАЭС-4	«	18.12.1987 г.	18.12.2017 г.	1,70	0,65	0,06	0,009	0,009
ЗАЭС-5	«	14.08.1989 г.	14.08.2019 г.	1,60	0,86	0,08	0,009	0,010
ЗАЭС-6	«	19.10.1996 г.	19.10.2026 г.	1,67	0,74	0,04	0,006	0,006

логию сварки толстостенных сосудов давления и трубопроводов из этого класса сталей разрабатывали и оптимизировали для производства и монтажа ЯУ ведущие институты СССР (ИЭС им. Е. О. Патона, ЦНИИТМАШ, ЦНИИ КМ «Прометей», ЦКТИ и др.), однако эксплуатация энергоблоков ВВЭР показала, что отказы в основном зависят от надежности сварных соединений. В Правилах АЭС не проработаны специальные требования к мониторингу работоспособности металла сварных соединений в процессе эксплуатации [1, 2]. Типичная для всех энергоблоков теплообменная петля четырехпетлевого ВВЭР-1000 (рис. 1) относится к энергоблокам «малой» серии. На серийных блоках (В-320) отсутствуют главные запорные задвижки. Разработанная технология автоматической сварки под флюсом для СД (при соблюдении режимов сварки и термообработки) обеспечила обусловленные расчетом прочностные характеристики. Но работоспособность сосудов требует особого мониторинга. Для конкретизации условий старения металла необходимо определить специфику деградации сварных соединений узлов ЯУ.

Корпус реактора — основной (третий) барьер на пути утечки радиации в случае аварийного повреждения тепловыделяющих элементов. Это толстостенный (200–350 мм) сосуд давления диаметром 4570 мм и высотой 10897 мм (рис. 2). Замена корпуса реактора технически очень сложная и экономически нецелесообразная задача. Поэтому ресурс АЭС лимитирует работоспособность корпуса и внутрикорпусных устройств.

Корпус реактора имеет семь швов, из которых № 3 и 4 (см. рис. 2) расположены напротив активной зоны, что обуславливает их ускоренное радиационное повреждение. На металл корпуса реактора воздействуют высокие температуры, радиационное облучение, коррозионно-эрозионная среда, значительные стационарные и периодически изменяющиеся нагрузки. При оценке сварных соединений здесь необходимо учитывать критерии: циклической прочности, радиационного охрупчивания и трещиностойкости, истощения несущей способности. Для адекватного диагностирования металла и прогнозирования ресурса корпуса реактора с применением расчетных методов определения технической долговечности необходимо определение основных закономерностей процессов зарождения и накопления повреждений в

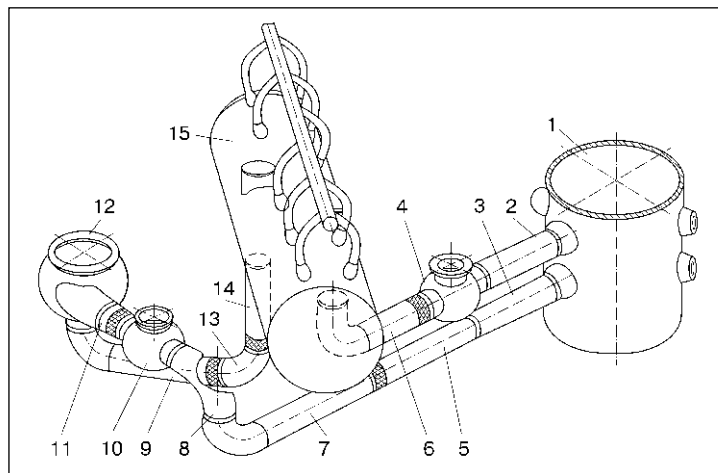


Рис. 1. Схема теплообменной петли ВВЭР-1000 / В-302: 1 — корпус реактора; 2, 3, 5–7, 9, 11–14 — трубные блоки; 4, 10 — главные запорные задвижки; 8, 13 — отводы Ду850; 12 — улитка ГЦН; 15 — парогенератор

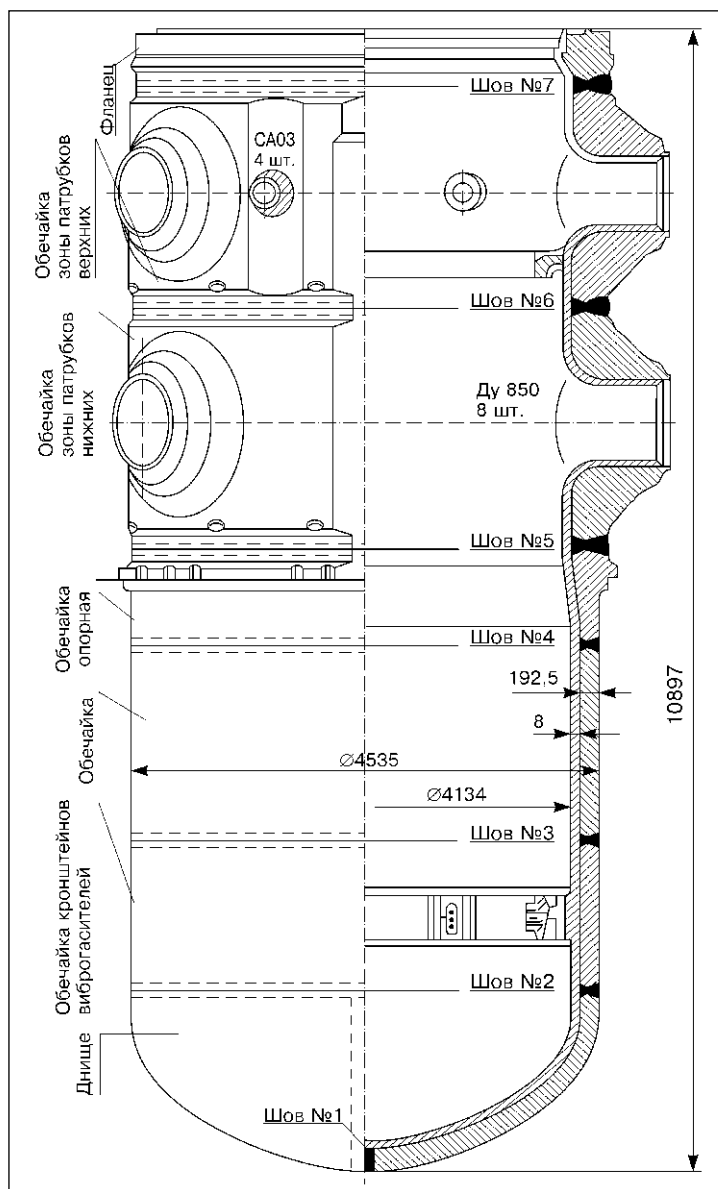


Рис. 2. Сварной корпус реактора (нижняя часть) ВВЭР-1000

сложных условиях разного рода синергетических воздействий. При этом важно учитывать их конструктивно-технологическую и эксплуатационную наследственность.

Проектный ресурс отечественных корпусов реактора составляет 40 лет эксплуатации, но завод-изготовитель в паспорте гарантирует безопасную эксплуатацию только в течение 30 лет. В Японии проектный ресурс подобных корпусов реактора составляет 60 лет, а в странах Запада и США — 40 лет с возможностью продления при обеспечении необходимого обоснования безопасности. Большие затраты на обоснование продления ресурса значительно ниже затрат на ввод новых мощностей.

Мониторинг деградации металла сварных соединений корпуса реактора осуществляют по нескольким направлениям: исследованиями образцов-свидетелей, периодическим эксплуатационным контролем неразрушающими методами и прочностными расчетами по специальным кодам. Программа образцов-свидетелей включает 1624 специальных образца для механических испытаний, загружаемых в реактор перед пуском энергоблока в эксплуатацию и периодически выгружаемых для исследований. Целью этих исследований является определение величины сдвига температуры хрупко-вязкого перехода $\Delta T_{\text{к}}$, которая является определяющей в расчетах на хрупкое разрушение при термоударе. Для металла каждого корпуса назначена предельная температура $T_{\text{к}}^{\text{а}}$, выше которой эксплуатировать корпус реактора запрещено проектом [1, 3]. Сейчас разрабатывают множество подходов для ограничения роста $\Delta T_{\text{к}}$ и уточнения величины $T_{\text{к}}^{\text{а}}$, так как от их размера зависит обоснование безопасной эксплуатации ЯУ.

Опыт эксплуатации ВВЭР-440 и мировой опыт показали, что решающее влияние на темп охрупчивания корпусной стали оказывают примеси меди и фосфора. Для корпуса реактора ВВЭР-1000 проектом предусмотрено рафинирование заготовки под обечайки по Cu и P, а также ее легирование никелем для снижения уровня исходной температуры вязко-хрупкого перехода $T_{\text{к}0}$. Однако последующими испытаниями образцов-свидетелей установлено, что легирование корпусной стали никелем более 1,3% ведет к ускоренному охрупчиванию под облучением, а при наличии в металле марганца более 0,8% этот процесс усугубляется.

Таким образом, химический состав металла швов ограничил ресурс КР ВВЭР-1000, так как основной металл обечайек легирован никелем в пределах 1%. Большинство украинских КР имеют в металле швов № 3 и 4 повышенное содержание Ni и Mn (см. таблицу), что обязывает более тщательно отслеживать темп роста величины $\Delta T_{\text{к}}$. Исследования двух первых выгрузок образцов-свидетелей из КР ХАЭС-1 подтвердили тенденцию к ускоренному охрупчиванию металла швов.

Отдельной проблемой мониторинга металла сварных соединений КР на АЭС Украины является сварка облученных образцов-свидетелей для адекватной оценки трещиностойкости. Программа образцов-свидетелей, созданная Главным научным руководителем, не предусмотрела многих аспектов специфики деградации металла под облучением [5]. Опыт эксплуатации вынуждал несколько раз корректировать и оптимизировать ее. Сегодня основное внимание уделяют непосредственному определению показателя трещиностойкости металла К1С (испытания образцов СТ-05 и СОД). Для расширения базы данных используют половинки облученных ударных образцов-свидетелей (Шарпи) и СОД (на трехточечный изгиб), разрушенных в процессе исследований по штатной Программе образцов-свидетелей. Для этого в «горячих» камерах исследовательских центров к половинкам приваривают с двух сторон хвостовики и изготавливают полномасштабные образцы-свидетели. Сохранение структурного состояния облученных половинок обеспечивают ограничением нагрева при сварке ниже 200 °С. В Чешской Республике и ФРГ (фирма «Сименс») используют для этих целей электронно-лучевую сварку, а все остальные страны (в том числе и Российская Федерация) — ударно-дуговую (1200 А; 0,12 мс). Центр радиационного материаловедения при Институте ядерных исследований НАН Украины планирует внедрить у себя одну из этих технологий.

Парогенераторы (4 ПГ на ВВЭР-1000) — основные теплообменники между первым и вторым контурами. По габаритам эти сосуды соизмеримы с корпусом реактора, но работают при меньших давлениях (6 МПа) и вне зоны повышенной радиации. Все элементы первого контура, изготовленные из перлитных сталей, изнутри облицованы аустенитной наплавкой. Особенностью паро-

генераторов советской конструкции является их горизонтальное расположение при наличии двух коллекторов: «горячий» на короткой нитке главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ) от реактора и «холодный» на длинной нитке ГЦТ с главным циркуляционным насосом. Теплообменные трубки, соединяющие коллекторы, имеют 5–7 гибов на длине 11000 мм.

Проблемы работоспособности металла парогенераторов нарастают по мере наработки ресурса и опыта эксплуатации. Сначала (1980 г.) развивались трещины в перемычках между теплообменными трубками коллекторов, что привело к замене 24 парогенераторов после 8–12 лет эксплуатации при проектном ресурсе 30 лет. Были проведены разневоливание коллекторов и низкотемпературная термообработка. Часть трещин заварили после высверливания на всю толщину стенки (175 мм) по специальной технологии с установкой и обваркой набора шайб. Затем стали выходить из строя теплообменные трубки со стороны второго контура (язвенная коррозия и трещины). Таких трубок на каждом ПГВ–1000М по 11000 шт. Штатная система фиксации активности пара во втором контуре автоматически останавливает реактор при уровне протечек теплоносителя из первого контура больше 4 л/ч. Причиной разрушения стенок аустенитных трубок (16×1,5 мм) признано наличие соединений меди в питательной воде, которые вымываются из конденсаторного тракта турбин второго контура. Согласно проекту при глушении 10% теплообменных трубок парогенератор подлежит замене. При этом затраты составляют около 40 млн. грн. Предлагались различные варианты ремонта трубок, в том числе с приваркой внутреннего тонкостенного «чулка» из никелевого сплава в местах течи («Вестингаус», США), но массового применения такая технология пока не нашла. На отечественных АЭС применяют установку заглушек с заваркой в обоих коллекторах. Уже отмечены течи по этим швам. Контроль целостности теплообменных трубок осуществляют вихретоковыми щупами, которые необходимо проталкивать хотя бы на половину длины трубки (5500 мм), что также ограничивает возможности ремонта.

В 1998 г. на сварном соединении Ду 1200 (шов № 111) коллектора с патрубком ПГВ–1000М энергоблока «малой» серии (блок № 5 Нововоронежской АЭС,

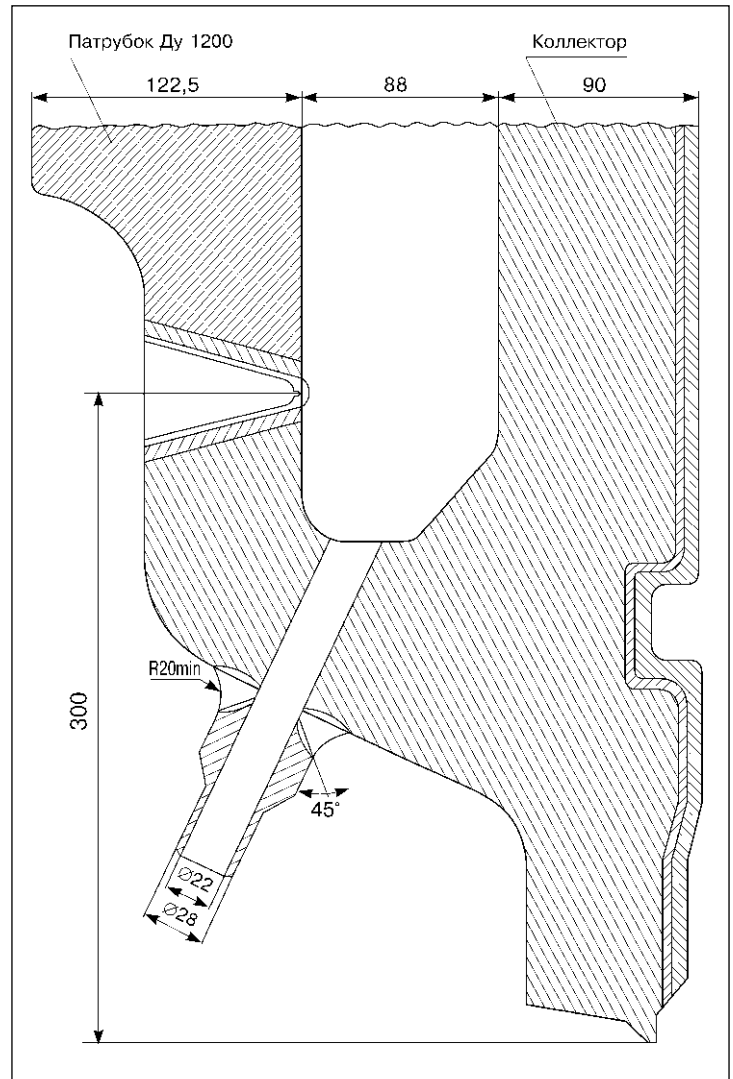


Рис. 3. Соляной «карман» и сварное соединение приварки коллектора к патрубку Ду 1200 ПГВ–1000М

Российская Федерация) образовалась сквозная трещина, которую не обнаружили штатными методами эксплуатационного контроля. После ремонта (выборка и заварка по специальной технологии) усовершенствовали методику УЗК, которую разослали на все АЭС. В 2001 г. на двух подобных парогенераторах (блок № 1 ЮУ АЭС) образовались трещины в швах № 111, не обнаруженные эксплуатационным контролем по модернизированной методике УЗК. После ремонта швы отработали два года, после чего были обнаружены трещины с противоположной стороны. В 2004 г. возникла трещина в шве № 111 на ПГВ–1000М (НВ АЭС–5), который ремонтировали в 1998 г.

Характерной особенностью всей серии разрушений этого сварного соединения является зарождение дефектов в узле стыковки «горячего» коллектора с патрубком

(диаметр шва 1330 мм, толщина стенки 73 мм, сталь 10ГН2МФА) внутри соляного «кармана» ниже корня шва № 111 в районе радиусного перехода R20 — цилиндрическая стенка (рис. 3). Первые разрушения образовывались на растянутой (удаленной от реактора) стороне шва, а повторные — на сжатой. Все швы выполнены по технологии ОАО «Атоммаш» (Российская Федерация): корень шва — РАДС, корневая часть (до 15 мм по высоте) — РДС, основная часть — автоматической сваркой под флюсом проволокой диаметром 4 мм. Разделка кромок под автоматическую сварку на 1ПГ1 и 1ПГ2 ЮУ имеет несимметричную форму с углом раскрытия 30° (45° на коллекторе; минус 15° — на патрубке Ду 1200), а на 1ПГ5 НВ разделка симметричная (см. рис. 3). Характер трещин также имеет отличия: все первые разрушения были в виде продольных ветвящихся трещин с выходом на поверхность по центру шва (на 1ПГ-2 ЮУ АЭС длина выборки после удаления трещины составила 1800 мм). Повторные трещины на ЮУ АЭС-2 были поперечные, различной глубины (по 6 шт. на каждом ПГ вокруг оси, перпендикулярной к оси штуцеров Ду 20), а на НВ АЭС-5 — продольная длиной 400 мм.

В качестве главной причины трещинообразования признаны повышенные напряжения (выше проектных) в шве № 111, который удерживает коллектор высотой 4970 мм при толщине стенки 175 мм и всю теплообменную трубчатку, а также концентрированные осадки шлама на дне соляного «кармана», что приводит к коррозионному растрескиванию под напряжением. Отмечено, что продукты коррозии проникают в трещину на глубину до 15 мм, а множество параллельных мелких трещин образовались без контакта с внешней средой. По мнению авторов, важнейшую роль здесь также играет влияние водорода, наличие которого связано с технологией сварки на ОАО «Атоммаш» и его диффузией из теплоносителя через стенку коллектора.

Исследования свариваемости этой стали показали ее повышенную склонность к трещинам в случае наводораживания зоны сварки. В рассматриваемом узле совпали неблагоприятные факторы: большая толщина стыка, увеличенный предел текучести металла, неблагоприятная конструкция с предельными напряжениями и сварка на повышенных погонных энергиях (автоматическая сварка проволокой диаметром

4 мм), что обеспечило наводораживание металла шва и ЗТВ в процессе изготовления парогенераторов и предопределило процесс замедленного разрушения в дальнейшем. Добавочными факторами являются атомарный водород из теплоносителя, который имеет повышенную проникаемость при температурах 300 °С и выше (здесь 325 °С) и наличие ремонтов при изготовлении, что снизило запас технологической пластичности.

Трубопроводы связывают все основные узлы энергетической ЯУ. Их сваривают из 28 трубных блоков при 40 монтажных швах (ВВЭР-1000). Первый контур ВВЭР-440 состоит из аустенитных труб диаметром Ду 500. Для ГЦТ ВВЭР-1000 при Ду 850 используют перлитную сталь (10ГН2МФА), облицованную изнутри наплавкой аустенитной сталью (08Х18Н10Г2Б). На тысячах сварных соединений опускных трубопроводов реакторов РБМК-1000 (Ду 300, аустенитная сталь) после 15 лет эксплуатации были обнаружены трещины различной длины до половины толщины стенки, что потребовало закрытия ЧАЭС.

За 20 лет эксплуатации и штатном эксплуатационном контроле различными методами пока не обнаружено значимых дефектов на ГЦТ отечественных ВВЭР, хотя на зарубежных блоках подобного типа отмечены трещины в швах приварки ГЦТ к патрубку корпуса реактора. В Украине имеются проблемы с мониторингом работоспособности сварных соединений на композитных стыках (сварка перлитных труб с аустенитными) в узлах обвязки парогенераторов и других теплообменников на трубах диаметром 32–100 мм. В результате известных процессов ножевой коррозии в корне шва со стороны перлитного металла образуется кольцевая канавка, которую трудно контролировать рентгеновским и ультразвуковым методами. Из-за частых отказов по этим сварным соединениям и трудностей эксплуатационного контроля на некоторых АЭС принято решение через определенный срок вырезать эти стыки и вваривать композитную вставку, изготовленную в заводских условиях сваркой с малыми тепловложениями.

При замене парогенераторов вырезают прежний монтажный шов № 5 на ГЦТ и к трубопроводу приваривают нижний патрубок коллектора нового парогенератора (см. рис. 3). Выполнять горизонтальный шов с подогревом до 150–250 °С на верти-

кальной трубе с остаточной радиацией при наличии монтажного натяга Ду 850 (толщина стенки 70 мм) весьма трудно. Сегодня согласно Правилам для этого применяют ручную дуговую сварку в широкую разделку [2]. Длительность процесса и вероятность дефектообразования не выдерживает критики. На западных АЭС для замены парогенераторов применяют специальные орбитальные автоматы фирмы «Полисуд» (Франция) и технологию сварки в «узкую щель» (ширина разделки 12 мм) проволокой 1–2 мм с газовой защитой в импульсном режиме (заменено уже 300 парогенераторов). Малые тепловложения и надежный контроль процесса сварки здесь гарантируют качественное, работоспособное соединение. Серия необходимых автоматов была поставлена в Украину по программам «ТАСИС», но они до сих пор не внедрены из-за консерватизма отечественных Правил [1, 2].

Для атомной энергетики необходимо использование принципов и критериев системного диагностического обслуживания. Для обоснования безопасной эксплуатации параллельно с инструментальной диагностикой технического состояния узла проводят расчетную диагностику в соответствии с «Нормами расчета ПП–I АЭ Г–7–002–86», которые сегодня также пересматривают.

Физическая диагностика, которая глубже и раньше дефектоскопии улавливает структурные изменения в металле на ранних стадиях разрушения, сегодня обладает методами оценки непосредственно на блоке действительного состояния металла любого узла ответственного назначения в процессе эксплуатации. Она позволяет обнаружить и предупредить появление эксплуатационных дефектов.

Магнитная диагностика рассматривает две группы магнитных характеристик. Одна зависит от состава металла и, следовательно, от типа кристаллической решетки. Вторая — в равной степени отслеживает состав и дефекты решетки, включая малое количество примесей, исследует магнитные свойства, определяемые по петле гистерезиса реального материала.

НПП «Специальные научные разработки» (Харьков) выпущены методики и изготовлены приборы магнитной диагностики, которые опробованы на ответственных конструкциях. В соответствии с ГОСТ 30415–96 «Сталь. Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлопродукции магнитным мето-

дом» в Российской Федерации в течение семи лет по этим методикам производят мониторинг ресурса узлов объектов, подведомственных Госгортехнадзору.

Этим же предприятием разработаны методики и приборы для электромагнитоакустической непрерывной толщинометрии, которые можно использовать при диагностике композитных соединений на трубах разного диаметра (от 20 мм), толщине стенки от 2 до 200 мм без контактной жидкости, зачистке поверхности и при температурах до 600 °С. Магнитные структуроскопы СНР используют в исследованиях степени радиационного повреждения корпусных сталей в «горячих» камерах Института ядерных исследований. Методики магнитной диагностики уже задействованы для записи исходного состояния металла корпусов новых ВВЭР–1000 в Российской Федерации (Ростовская АЭС–1) и в Украине (ХАЭС–2 и РАЭС–4). Такой подход позволит в дальнейшем вести непрерывный мониторинг состояния металла неразрушающими методами непосредственно на ЯУ, так как даже модернизированная Программа образцов-свидетелей пока не в состоянии оценить всю синергетику деградиционных влияний на металл стенки корпуса реактора. ● #555

Список литературы

1. ПН АЭ Г–7–008–89. *Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических реакторов.* — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 169 с.
2. ПН АЭ Г–7–009–89. *Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения.* — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 144 с.
3. ПН АЭ Г–7–002–86. *Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.* — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 525 с.
4. ПН АЭ Г–7–010–89. *Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля.* — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 121 с.
5. *Assessment of relative contributions from different mechanisms to radiation embrittlement of reactor pressure vessel steels / B. A. Gurovich, E. A. Kuleshova, Yu. A. Nikolaev, Ya. I. Shtrombakh // Journal of Nuclear Materials, 246, 1997. — P. 91–120.*



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.

Хотелось бы подробнее узнать об особенностях газовой сварки латуни.

И. Г. Свидрук (Винница)

Латуни относят к трудносвариваемым сплавам. Наиболее рационально использовать газовую сварку латуни для толщины 1–4 мм. Основные затруднения при газовой сварке латуни связаны с поглощением газов расплавленным металлом и выгоранием цинка (до 25–30%), что приводит к образованию пор и снижению механических

свойств сварного соединения. Кроме того, медно-цинковые сплавы, содержащие более 20% цинка, склонны к самопроизвольному или коррозионному растрескиванию после холодной деформации под действием внутренних напряжений.

Для устранения трудностей при сварке применяют специальные приемы (табл. 1). Важную роль играет также использование присадочных материалов, легированных кремнием и бором (табл. 2), а также порошкообразных флюсов. Хорошие резуль-

Таблица 1. Перечень обязательных технологических приемов газовой сварки латуней

Технологический прием	Цель приема — исключить (ограничить)	Достижимый результат
Вести сварку окислительным пламенем с соотношением кислорода к ацетилену 1,3–1,4	Выгорание (испарение) цинка, содержащегося в латуни	На поверхности расплавленного металла образуется пленка оксидов, которая уменьшает угар цинка
Выполнять сварку левым способом		Уменьшается нагрев металла шва, а следовательно, и испарение цинка, так как пламя не направлено на сваренную часть шва
Использовать присадочные проволоки типов ЛК и ЛКБО (см. табл. 2), содержащие добавки кремния и бора		На поверхности сварочной ванны образуется пленка шлакового покрова, которая затрудняет испарение цинка, но не является препятствием для выделения газов из расплава
Применять специальные флюсы (см. табл. 3) на основе бористых соединений с добавками кремния, алюминия, олова и т. д.		На поверхности жидкой ванны образуется защитная пленка, предохраняющая металл от испарения цинка
Нагревать металл не ядром пламени, а пламенем, расположенным на расстоянии 7–10 мм от сварочной ванны		Уменьшается перегрев жидкого металла и испарение из него цинка
Выполнять сварку окислительным пламенем	Поглощение газов и, в первую очередь, водорода расплавленным металлом с образованием в нем пор	Избыточный кислород связывает свободный водород пламени и способствует уплотнению металла шва
Применять присадочные металлы и флюсы на основе бористых соединений		На поверхности расплавленного металла образуется шлаковый покров, который не является препятствием для выделения водорода и других газов из расплава при кристаллизации шва
Легировать шов кремнием и бором с применением соответствующих марок присадочного металла (ЛК62–05 и ЛКБО)	Склонность металла шва и ЗТВ к образованию трещин	Уменьшение горячеломкости латуни в интервале температур 200–600 °С
Выполнять многослойную сварку методом ступенчатой и обратноступенчатой сварки		Уменьшение горячеломкости латуни
Подвергать сварное соединение после сварки низкотемпературному отжигу при температуре 270–300 °С		Снятие остаточных напряжений, возникающих при изготовлении сварных конструкций. Предотвращение латуни от коррозионного растрескивания

Таблица 2. Присадочные материалы и технологические условия их применения для сварки некоторых латуней

Технологические условия применения			Присадочный металл	Характеристика состава присадочного материала	Назначение
Марка	Толщина, мм	Флюс			
Л63, Л68	3–4	Прокаленная бура	Л63	48% цинка без присадки кремния или бора	Для односторонней сварки простых латуней
	2	БМ–1, прокаленная бура	ЛК62–5	48% цинка с присадкой 0,5% кремния	Для многослойной сварки простых латуней без угара цинка
		Без флюса	ЛКБО–62–02–004–05	Самофлюсующаяся проволока, содержащая 38% цинка, 0,2% кремния, 0,04% бора и 0,05% олова	Для однослойной сварки латуни без применения флюса и получением высоких механических свойств металла шва без угара цинка
ЛО63 и Л63	1–4	Прокаленная бура	ЛОК–59–1–03	40% цинка с присадкой 0,05% олова и 0,2% кремния для повышения коррозионной стойкости шва и жидкотекучести металла	Для сварки труб, емкостей и сосудов из латуни односторонним швом без угара цинка

Примечание. Положение сварки — нижнее, пламя — ацетиленокислородное, окислительное.

таты дает применение газообразного флюса БМ–1, т. е. газофлюсовой сварки. Флюс БМ–1 реагирует с расплавленным металлом, и на его поверхности образуется вязкая непроницаемая пленка, которая препятствует выгоранию цинка. Процесс сварки получается «бездымным», а механические свойства сварного соединения — высокими.

Подготовка к сварке. Свариваемый металл и присадочную проволоку перед сваркой тщательно очищают от оксидов и загрязнений до металлического блеска и обезжиривают. Зачистку кромок можно выполнять механическим способом. Для очистки сварочной проволоки и кромок используют раствор, состоящий из 75 см³/л HNO₃, 100 см³/л H₂SO₄ и 1 см³/л HCl. Затем проволоку промывают в воде и щелочи, снова в чистой воде и сушат горячим воздухом.

Нанесение флюса. Флюсы наносят на зачищенные и обезжиренные кромки по 10–12 мм на сторону. Дополнительно их можно наносить с помощью присадочного металла.

Заполнение шва. Режим сварки устанавливают исходя из того, что сварку латуни нужно выполнять при удельной мощности пламени 100–120 л/ч на 1 мм толщины свариваемой детали и соотношении β=1,3...1,4. Верхний предел удельной мощности пламени способствует увеличению зоны термического влияния и деформации изделия. При нижнем пределе удельной мощности пламени скорость сварки снижается, соответственно увеличивается испарение цинка и уменьшается плотность шва. Более мощное пламя применять не следует, так как оно способствует перегреву металла и, как следствие, увеличению угара цинка.

Вследствие жидкотекучести латуни сварку выполняют, как правило, в нижнем положении. При сварке вертикальных и потолочных швов удельная мощность пламени должна быть уменьшена до 30–40 л/ч на 1 мм толщины. Механические свойства сварного соединения обычно, снижаются. Сварку с таким расположением швов должен выполнять сварщик высокой квалификации. Сваривать желательно в один проход. При толщине латуни свыше 3 мм сварку выполняют с наложением с обратной стороны металла шва подварочного шва для получения полного провара.

Допускается сварка латуни с использованием газов-заменителей. Удельная мощность пламени с учетом коэффициента замены ацетилена: для пропан-бутана — 70 л/ч на 1 мм толщины и для природного газа — 180 л/ч. Хорошее качество шва получают при использовании кремнистых латуней в качестве присадочного металла, однако в этом случае зона термического влияния и деформация металла увеличиваются.

Температура проковки латуни зависит от содержания цинка в основном металле. Холодную проковку применяют для латуней, содержащих менее 40% цинка. Латунь, содержащая более 40%, подвергают проковке при температуре 650 °С. Для предохранения латуни от последующего коррозионного растрескивания сварное соединение после проковки чаще подвергают низкотемпературному отжигу (270–300 °С) и реже — высокотемпературному отжигу при температуре 600–700 °С.

При правильно выполненной сварке и последующей проковке сварные швы получают плотными с хорошими механическими свойствами: например, при сварке латуни Л62 с присадкой ЛК 62–0,5 σ_в=390 МПа, α=180°, КСУ=76 Дж/см² и σ_в=310 МПа, α=170°, КСУ=80 Дж/см² соответственно в нижнем и вертикальном положении.

Необходимо помнить, что пары цинка ядовиты, поэтому при газовой сварке латуни следует пользоваться респираторами, в особенности, если применяемая на практике технология не обеспечивает «бездымность» процесса. Признаком нормального течения процесса служит отсутствие видимых паров цинка и наличие на сварочной ванне защитной пленки серого цвета.



Технологические процессы объемной термообработки корпусного оборудования нагревом изнутри

В. А. Бабкин, П. И. Лавров, П. Б. Ловарев, М. Н. Трухин, ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»,
П. М. Корольков, ОАО «ВНИИМонтажспецстрой» (Москва)

Технология объемной термообработки корпусного оборудования нагревом изнутри с использованием оборудования ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» нашла широкое применение как в России, так и в странах СНГ. Объемной термообработке подвергают различные корпусные конструкции. Основным видом нагревательного оборудования являются жидкотопливные теплогенераторы, работающие на смеси дизельного топлива с воздухом. Мощности теплогенератора ТГЖ-1 достаточно для проведения термообработки по режиму высокого отпуска корпусного оборудования массой до 40 т или части оборудования такой же массы.

В качестве примера можно привести термообработку при ремонте колонны К-302 в ОАО «Казаньоргсинтез». Ремонт проводили без демонтажа колонны. Он заключался в замене дефектной части корпуса — обечайки высотой 1850 мм с толщиной стенки 45 мм и диаметром 3200 мм, материал — сталь 09Г2С. Замену осуществляли, последовательно вырезая дефектные

сектора и вваривая на их место новые элементы. Таким образом, замененный участок представлял собой сварной узел со сварными швами в виде «беличьей клетки», включающий шесть продольных и два кольцевых шва общей протяженностью 35 м. Ремонт выполняли на отметке 16 м (нижний кольцевой шов). Первоначально планировали провести местную термообработку с использованием элементов сопротивления, однако более детальная проработка показала техническую сложность такой технологии. Кроме того, это значительно увеличивало общее время ремонта, что являлось отрицательным фактором, обуславливающим потерю продукции из-за простоя оборудования. Поэтому было принято решение после окончания сварочных работ провести объемную внепечную термообработку одновременно всех швов ремонтного участка. Для этого временными теплоизолирующими перегородками был отсечен участок колонны высотой около 2,5 м, включающий ремонтный участок и штуцеры Ду 450 и Ду 250 для ввода и вывода теплоносителя (рис. 1). Внутренние устройства (тарелка) в этом месте демонтировали. На наружную поверхность участка колонны установили теплоизоляцию. В одном из штуцеров было смонтировано устройство для ввода теплоносителя, там же был установлен теплогенератор, подведен сжатый воздух для обеспечения его работы, установлены емкости с топливом. Температуру контролировали термопарами, размещенными на корпусе аппарата в районе кольцевых швов по окружности в два пояса. Термообработку вели по обычному режиму высокого отпуска: подъем температуры со скоростью 150 °С/ч до 620 °С, выдержка в течение 2,5 ч и охлаждение со скоростью, соответствующей скорости нагрева. Разность температур в зоне нагрева при выдержке не превышала 30 °С.

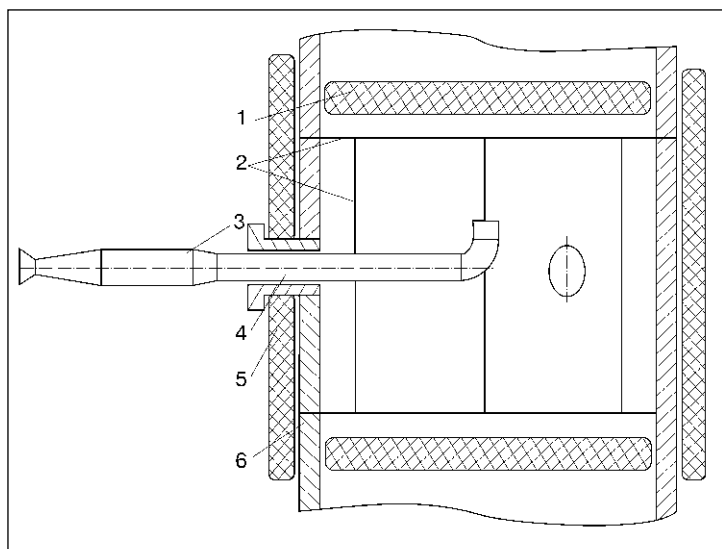


Рис. 1. Схема термообработки колонны К-302: 1 — теплоизолирующая перегородка; 2 — сварные швы, подлежащие термообработке; 3 — теплогенератор; 4 — устройство для ввода теплоносителя; 5 — теплоизоляция; 6 — корпус аппарата

Общее время операции, включая монтаж оборудования, нагрев, выдержку, охлаждение и демонтаж, составило двое суток.

На Мозырском НПЗ (Белоруссия) термообработке непосредственно на месте монтажа подвергали сепаратор высокого давления V-3003. Аппарат имеет следующие размеры: диаметр 4500 мм, длина более 15 м, толщина стенки 32 мм, положение горизонтальное (рис. 2). По условиям транспортировки его собирали на месте монтажа из пяти частей. Необходимо было подвергнуть термообработке четыре кольцевых шва общей длиной 57 м. Ввиду отсутствия достаточного количества оборудования для местной термообработки с использованием электронагревателей сопротивления (нагрев одного кольцевого шва требовал более 250 кВт·А установленной мощности и соответствующего количества электронагревателей) было принято решение провести объемную внепечную термообработку. Учитывая массу аппарата (около 80 т) и зимнее время проведения работ (температура воздуха минус 17 °С), внутреннюю полость аппарата разделили временной теплоизолирующей перегородкой и провели процесс частями: сначала нагрели по заданному режиму одну половину аппарата и после выдержки незамедлительно перенесли нагрев на вторую половину, уже предварительно подогретую до температуры 250–300 °С отработанными газами, затем режим повторили.

Таким образом, учитывая минимальный перепад температуры по сечению корпуса (20–30 °С), весь аппарат прошел последовательную термообработку по режиму высокого отпуска.

В 1993 г. в ПО «Нижнекамскнефтехим» при ремонте абсорбера возникла необходимость в термообработке плакирующего слоя. Сложность работы заключалась в том, что требовалась термообработка значительной части поверхности корпуса аппарата (два значительных участка наплавки плакирующего слоя) при невозможности полного удаления внутренних устройств. Аппарат изготовлен из биметалла: сталь 09Г2С+сталь 12Х18Н10Т, толщина стенки 40+5 мм, диаметр 5500 мм, высота около 40 м, масса свыше 300 т. Предполагалось, что деление внутреннего пространства аппарата на относительно изолированные отсеки затруднит циркуляцию теплоносителя и, соответственно, ухудшит равномерность нагрева. Поэтому была приня-

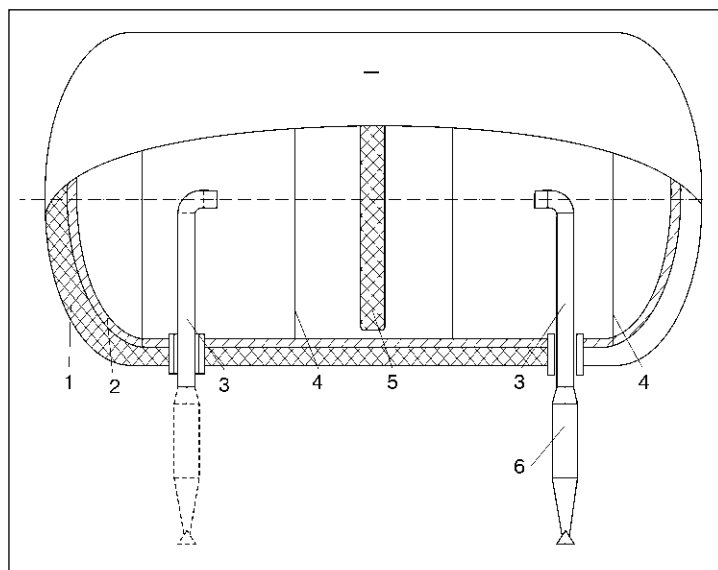


Рис. 2. Схема термообработки сепаратора V-3003: 1 — теплоизоляция; 2 — корпус аппарата; 3 — устройство для ввода теплоносителя; 4 — сварные швы, подлежащие термообработке; 5 — теплоизолирующая перегородка; 6 — теплогенератор

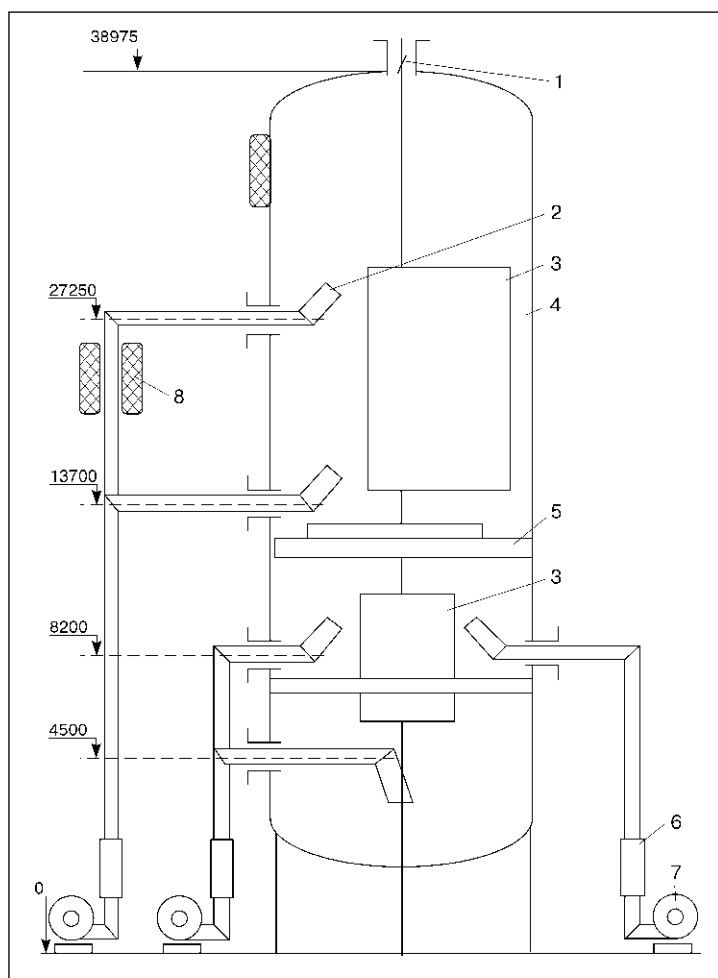


Рис. 3. Схема термообработки абсорбера: 1 — дроссель; 2 — ввод теплоносителя; 3 — ремонтные обечайки; 4 — корпус абсорбера; 5 — преобразователь потока; 6 — теплогенератор; 7 — вентиляционная установка; 8 — теплоизоляция

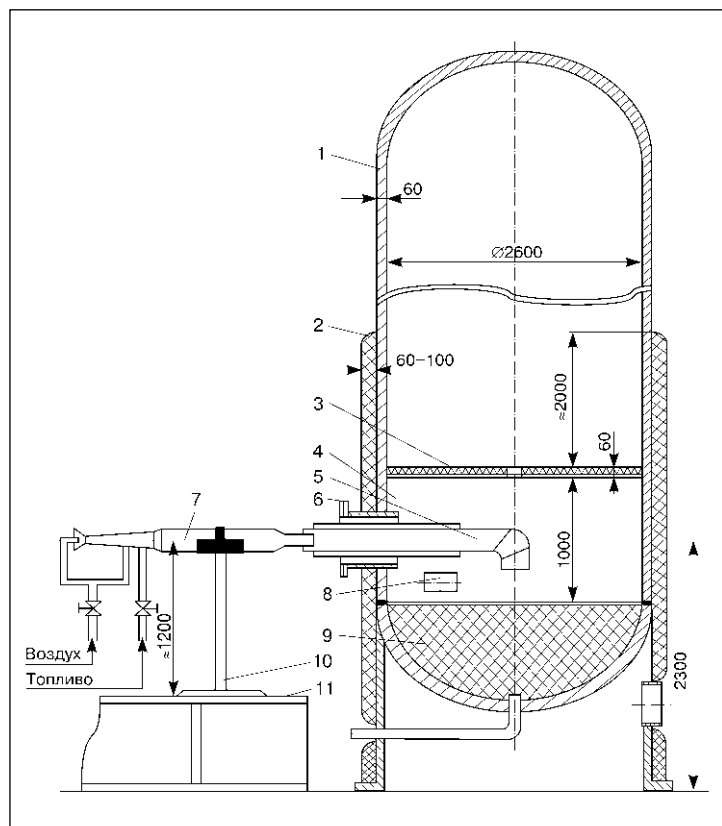


Рис. 4. Схема термообработки буллита Е-4: 1 — корпус; 2, 9 — наружная и внутренняя теплоизоляция; 3 — теплоизолирующая перегородка; 4 — нагреваемый отсек; 5 — устройство для ввода теплоносителя; 6 — люк; 7 — теплогенератор; 8 — свариваемый элемент; 10 — штатив; 11 — подставка

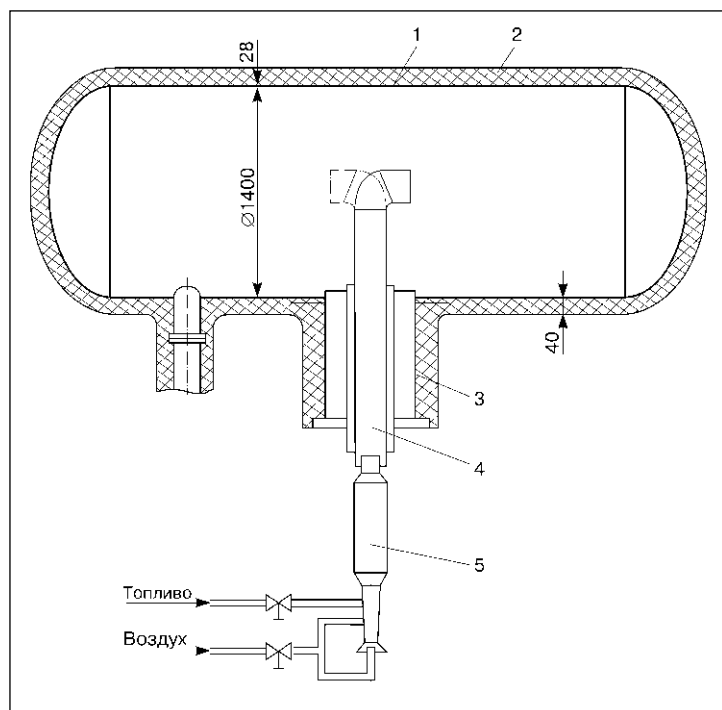


Рис. 5. Схема термообработки емкости для сбора конденсата природного газа: 1 — корпус; 2 — теплоизоляция; 3 — люк; 4 — устройство для ввода теплоносителя; 5 — теплогенератор

та технология, предусматривающая термообработку всего корпуса аппарата по режиму высокого отпуска с температурой нагрева 580–620 °С при условии ввода теплоносителя в пять точек на разных уровнях в отдельных отсеках аппарата (рис. 3). Кроме того, были установлены специальные устройства — «преобразователи потока». Поскольку теплогенераторы на природном газе с вентиляторными установками из-за значительных габаритов и массы невозможно было поднять до отметки проектного ввода теплоносителя, их расположили на нулевой отметке, а теплоноситель вводили по теплоизолированным трубопроводам из теплоустойчивой стали, расположенным снаружи корпуса аппарата. Управление процессом термообработки осуществляли, изменяя температуру и количество теплоносителя. Температуру контролировали с помощью 48 термодатчиков, установленных поясами на 12 уровнях. Фактический режим термообработки показал принципиальную возможность такой технологии и ее эффективность, несмотря на техническую сложность.

Для рассмотренных примеров термообработки характерным является использование для ввода и выхода теплоносителя отдельных отверстий с суммарным проходным сечением, близким или равным друг другу. Такое условие не всегда соблюдается из-за конструкции аппарата. В 2003 г. при выполнении ремонтно-восстановительных работ буллита Е-4 на рабочей площадке ОАО «ПетроКазахстан Ойл Продактс» возникла необходимость термообработки зоны врезки в корпус аппарата «латки» размером 300×300 мм. Аппарат имел диаметр 2600 мм, высоту около 20 м, толщину стенки 60 мм, материал корпуса — сталь 18Г2С (рис. 4).

Было принято решение провести термообработку способом объемного нагрева изнутри ремонтной обечайки вместе с свариваемым элементом. Из-за отсутствия необходимых штуцеров для входа и выхода теплоносителя использовали люк Ду 450, предназначенный для выхода отработанных газов, расположенный в нижней части аппарата. Ремонтную обечайку изнутри отсекли временной теплоизоляционной перегородкой, на поверхности дна изнутри разместили теплоизоляцию, снаружи на нижней части аппарата установили слой теплоизоляции толщиной 60 мм. Температуру контролировали с помощью термодатчиков,

установленных на наружной поверхности в четырех точках по периметру аппарата через 90° и в двух точках по высоте на расстоянии 400 мм по обе стороны от центра «латки». Термообработку проводили по режиму высокого отпуска: повышение температуры со скоростью не более 100 °С/ч до 620 °С, выдержка 2,5 ч, охлаждение со скоростью, не превышающей скорость нагрева. Разность температур в зоне нагрева при выдержке не превышала 40 °С. Общее время термообработки с охлаждением изделия до 300 °С составило 12 ч.

Можно привести еще один случай термообработки аппаратов, когда проходное сечение штуцеров, используемых для выхода теплоносителя, недостаточно для обеспечения нормальных условий эксплуатации теплогенератора.

В 2004 г. при изготовлении серии емкостей для сбора конденсата природного газа на ОАО «Тамбовский завод «Комсомолец» им. Н. С. Артемова» возникла необходимость проведения их послесварочной термообработки. На предприятии отсутствовал необходимый парк термических печей. Было принято решение о проведении внепечной объемной термообработки емкостей с использованием оборудования и силами ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры».

Емкость из стали 09Г2С диаметром 1400 мм, длиной около 9 м с толщиной стенки 28 см установлена горизонтально на опорах (рис. 5). Для ввода и вывода теплоносителя был предназначен один и тот же люк Ду 450, расположенный по центру емкости. Равномерность нагрева всего изделия достигалась благодаря изменению на-

правления теплового потока на 180° по оси аппарата. Температуру контролировали с помощью шести термопар, установленных на наружной поверхности аппарата (верх и низ) в центре и на расстоянии 50 мм от швов приварки днищ к корпусу.

Термообработку проводили по режиму высокого отпуска: повышение температуры со скоростью не более 150 °С/ч до 620+20 °С, выдержка 1,5 ч и охлаждение со скоростью, не превышающей скорость нагрева. Разность температур при выдержке не превышала 20 °С. В течение 10 сут. выполнена термообработка десяти однотипных емкостей.

Приведенные в данной статье примеры показали, что практически во всех случаях возможна разработка технологических приемов, учитывающих конструктивные особенности оборудования для термообработки.

Специалисты ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» с помощью теплогенератора ТГЖ-1 провели более 50 объемных внепечных процессов термообработки. Опыт показал достаточно высокую надежность основного оборудования и возможность расширения сферы его применения. Кроме непосредственно послесварочной термообработки, были проведены различные виды технологического нагрева (подогрев перед сваркой, дегазация, термическая очистка, сушка аппаратов после гидроиспытаний и пр.).

Следует подчеркнуть, что объемная внепечная термообработка является не столько конкурентом печной или местной термообработки, сколько самостоятельным видом нагрева со своими задачами и спецификой.

● #557

Внимание специалистов!

6–8 июля 2005 г. в г. Ступава (Словакия) пройдет международная конференция

Welding Technology — Technology for Development of EU Industry

Организаторы: Association of Slovak Industrial Businessmen, First Welding Company, Inc., Slovak Welding Company, International Laser Centre, Welding Department of the Faculty of Material Technology AT, The Slovak University of Technology

Тематика конференции:

- Использование новых технологий в промышленности.
- Инженерия поверхности и реновации с точки зрения современных технологий.
- Технологии с использованием лазерного и электронного лучей и их применение в промышленности.
- Инновации и усовершенствование существующих технологий сварки, обработки поверхности, пайки и резки материалов.
- Сертификация новых прогрессивных технологий, применяемых в промышленности.

Языки конференции: английский, чешский, словацкий с синхронным переводом.

Адрес: The Stupava Congress Centre, Nova ulica 1588, 900 32 Stupava Slovakia.

Секретариат конференции:

Alzbeta Parajkova. PRVA ZVARACSKA, a.s., Racienska 71 832 49 Bratislava 3

phone +421 2 49 261 105, fax +421 2 44 255 782, e-mail: parajkova.alzbeta@pzvar.sk

Повышение атмосферостойкости углеродистых сталей

Н. Г. Кухарева, С. Н. Петрович, И. А. Басалай, Белорусский национальный технический университет (Минск)

Во многих случаях задача повышения коррозионной стойкости металлических материалов, причем с минимальными материальными затратами, может быть решена путем нанесения защитных антикоррозионных покрытий, в том числе и диффузионных.

Среди различных типов диффузионных покрытий особое место занимают цинкидные и алюминидные покрытия. Доступность, сравнительно небольшая стоимость, а главное, высокая защитная способность покрытий на основе алюминия и цинка в условиях атмосферной коррозии обуславливает их применение для предохранения стальных изделий не только механически, но и электрохимически.

Из известных способов нанесения диффузионных защитных покрытий на детали малых размеров и сложной конфигурации наиболее приемлемым является порошковый. Применение этого способа обусловлено простотой осуществления, отсутствием необходимости создания дорогостоящей технологической оснастки, многократностью использования насыщающих сред и возможностью создания малоотходного унифицированного технологического процесса. Существующие многочисленные разработки в области получения защитных покрытий в ряде случаев не удовлетворяют возрастающим требованиям к качеству поверхности деталей, работающих в агрессивных средах химических производств, что требует создания новых, более совершенных защитных покрытий.

Одним из способов решения этой проблемы является нанесение на поверхность материалов уже известных защитных покрытий с новым комплексом свойств. Так, зарубежные фирмы защиту листовой стали от коррозии осуществляют нанесением на нее цинкалюминидных покрытий горячим способом. В рамках программы фирмы «Бетлехем-стил» (США) по разработке листовой стали с цинкалюминидными покрытиями выполнено обширное исследование

покрытий системы Al-Zn с различным соотношением компонентов. Содержание Al в цинкалюминидных расплавах при этом колеблется в пределах от долей процента до 75%, а кремния — до 0,7% от массы алюминия. Листовую сталь с покрытием состава 5% Al-Zn — сплав редкоземельных элементов, разработанную в Бельгии под названием «гальфан», производят с 1982 г. во Франции и Японии.

Для получения на изделиях из низкоуглеродистой стали покрытий с цинкалюминидными сплавами, отличающимися высокой коррозионной стойкостью и износостойкостью, в расплав предложено вводить добавки Cu и Si в количестве соответственно 1–10 и более 4% от содержания алюминия в расплаве. Между поверхностью стали и Al-Zn расплавом образуется слой сплава, содержащего интерметаллические соединения. С увеличением содержания алюминия в расплаве толщина этого слоя растет. Для замедления этого процесса в ванну вводят Si в количестве 3% от содержания алюминия. Добавка мишметалла (не более 0,05%), основой которого является лантан или церий, служит эффективным средством уменьшения числа участков, лишенных покрытия, что является решением одной из проблем при производстве листовой стали с покрытием, содержащим 5% Al.

Сравнительные испытания на коррозионную стойкость стальных изделий, обработанных в Al-Zn расплавах, содержащих от 1 до 70% Al и Si в количестве 0,7% от содержания алюминия, проводили в солевом тумане, а также в различных атмосферных условиях. Результаты испытаний в солевом тумане показали, что присадки алюминия в любом количестве способствуют увеличению долговечности цинкидных слоев, причем лучшими свойствами обладает покрытие, полученное при использовании расплава цинка, содержащего 54% Al; коррозионная стойкость такого покрытия

соответственно в 18, 3–4, 2–3, 5–6 раз выше коррозионной стойкости обычного цинкидного покрытия, а в ряде случаев и алюминидного.

Попытка использования совмещенной схемы насыщения цинком и алюминием при использовании в качестве основы смеси порошков алюминия и цинка не дает положительных результатов. Это, по всей вероятности, связано с протеканием в насыщающей среде твердофазных реакций, сопровождающихся образованием алюминоцинковых сплавов и, как следствие, резким снижением активности алюминия как насыщающего элемента. Химико-термическая обработка стали 08кп при температурах 400–600 °С с использованием в качестве насыщающей среды алюминоцинковых сплавов приводит к формированию цинкидного покрытия, толщина которого по мере увеличения содержания цинка в насыщающей среде увеличивается. При увеличении температуры обработки свыше 600 °С наблюдается интенсивное испарение цинка, что исключает химико-термическую обработку в среде постоянного состава и получение стабильных результатов. Поэтому процесс насыщения осуществляли поэтапно, проводя алитирование с последующим цинкованием.

К основным задачам работы было относительно изучение возможности управления структурой, фазовым и химическим составом поверхности углеродистых сталей за счет использования двухстадийной обработки порошковыми средами на основе цинка и алюминия, а также изучение влияния морфологии поверхности исследуемых материалов на коррозионную стойкость при двухстадийной обработке.

Предварительное алитирование осуществляли при 800 и 850 °С в течение 4 ч. Насыщение проводили в алитирующей смеси на основе ферроалюминия с различным содержанием алюминия: 10, 20, 30, 40 и 50% (по массе).

Последующее цинкование осуществляли при 450 и 500 °С в течение 4 ч в смеси следующего состава (по массе): 50% Al + 45% Al₂O₃ + 4% MgO + 1% LiF. Температурный режим обработки был выбран на основе результатов предварительного эксперимента, которые показали, что:

- алитирование при 800 и 850 °С обеспечивает получение алюминидных слоев достаточной толщины и не отличающихся по фазовому составу, повышение

же температуры алитирования до 900 °С сопровождается появлением в диффузионном слое зоны пористости, что, очевидно, отрицательно сказывается на коррозионной стойкости полученных покрытий;

- при последующем цинковании в температурном интервале 400–500 °С поверхность изделий оставалась гладкой, блестящей, как и после первой стадии обработки (алитирования), а повышение температуры цинкования до 550 °С снижало качество обработанных изделий до 3-го балла.

Проведенные исследования показали, что обработка по указанным выше режимам приводит к получению диффузионных алюминоцинкидных слоев, которые по толщине в основном аналогичны диффузионным алюминидным слоям, полученным на первой стадии обработки.

На основании результатов рентгеноструктурного и микрорентгеноспектрального анализов установлено, что в случае алитирования при 800 °С в смеси на основе 10%-го ферроалюминия последующее цинкование при 450 и 500 °С приводит к образованию тонкого слоя толщиной 5–7 мкм η-фазы (почти чистый цинк) на поверхности алюминидного покрытия. Ниже η-фазы расположена зона α-твердого раствора алюминия в железе, легированного цинком, толщиной 10–15 мкм. Максимальные концентрации алюминия и цинка в FeAl твердом растворе зафиксированы на границе η-фаза – α-твердый раствор и составляют соответственно 11 и 3%. В связи с низким содержанием алюминия в слое η-фаза выявляется только в виде зерен, отличающихся по ориентации от зерен матрицы. Толщину слоя удается приблизительно установить лишь по различию в ориентации зерен матрицы и α-твердого раствора алюминия в железе.

Алитирование при 800 °С, но в средах на основе 30–50%-го ферроалюминия, и последующее цинкование при 500 °С приводят к образованию на поверхности зоны FeAl толщиной 20–25 мкм с микротвердостью 4000–4800 МПа. Содержание алюминия от поверхности до конца зоны находится в пределах 25–17% (смесь с 30%-м ферроалюминием) и 30–17% (смесь с 50%-м ферроалюминием). Фаза FeAl легирована цинком, его количество в первом случае находится в пределах 13,5–6% и во втором случае – 8–4%.

Ниже зоны FeAl формируется α -твердый раствор алюминия и цинка в железе толщиной 15–20 мкм и микротвердостью 2200–2700 МПа. Содержание алюминия изменяется по толщине η -фазы от 10 до 3%, а цинка — от 3,5 до 1,5%.

Последующее цинкование алюминидного слоя, полученного при 850 °С в смеси на основе 30–50%-го ферроалюминия, также не приводит к его заметным структурным изменениям. Лишь общая толщина алюминидного слоя больше, чем толщина покрытия, полученного при прочих равных условиях, но на подложке, сформированной при 800 °С. На поверхности образуется зона FeAl толщиной 25–30 мкм и микротвердостью 4300–4800 МПа. Концентрация алюминия и цинка по толщине зоны снижается соответственно от 24 до 16% и от 13,5 до 6% (смесь с 30%-м ферроалюми-

нием). Ближе к сердцевине располагается зона α -твердого раствора столбчатого строения толщиной 30 мкм и микротвердостью 2000–2700 МПа. 2–4% цинка растворяют в η -фазе на глубине 10 мкм. Следует отметить, что фазовый состав получаемых алюминидных покрытий соответствует области, прилегающей к углу железа в системе Al–Fe–Zn.

Таким образом, обнаружено, что последующее цинкование не изменяет фазового строения алюминидных слоев, и цинк присутствует в слое как легирующий элемент, растворяясь главным образом в фазе FeAl. Этот же вывод подтвердился при изучении влияния содержания цинка на параметры решеток фаз FeAl и α .

Сравнительную оценку коррозионной стойкости покрытий проводили ускоренными методами в разных средах, имитирующих атмосферную коррозию с целью изыскания наиболее перспективных режимов обработки. Данные получали путем периодического погружения (3%-й раствор NaCl — воздух). Коррозионную стойкость оценивали по времени образования следов ржавчины на 50% площади поверхности образцов. Скорость образования коррозии оценивали также гравиметрическим методом (г/м² в сутки) после 360 ч испытаний.

Проведены сравнительные испытания коррозионной стойкости чисто алюминидных слоев и цинкидного покрытия, полученного при 500 °С, обладающего наибольшей коррозионной стойкостью среди «чисто» цинкидных покрытий.

Во всех случаях последующее цинкование повышает коррозионную стойкость алюминидных покрытий, причем этот эффект возрастает по мере увеличения содержания алюминия в насыщающей среде (рисунок). Так, скорость образования коррозии алюминидного покрытия, полученного при 850 °С в смеси с 50%-м ферроалюминием, составляет 1,12 г/м² в сутки, последующее цинкование при 500 °С после

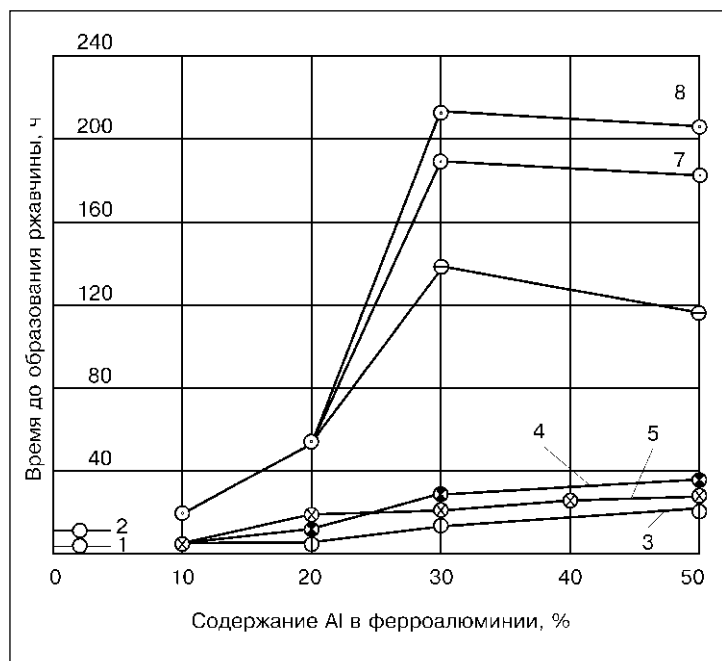


Рисунок. Сравнительная оценка коррозионной стойкости диффузионных слоев при периодическом погружении: 1 — сталь 08кп без покрытия; 2 — чистое цинкование при 500 °С; 3, 4, 5 — чистое алитирование при 800, 850, 900 °С; 6, 7, 8 — алитирование при 850 °С с последующим цинкованием при 400, 450, 500 °С

Таблица. Характеристика внешнего вида покрытий после 360 ч испытания

Процесс	Режим ХТО		Содержание Al в ферроалюминии, %	Характеристика поверхности
	T, °С	t, ч		
Цинкование	500	4	—	Сильное потемнение. Продукты коррозии цинка в виде пятен
Алитирование	850	4	50	Образование сплошного слоя красной ржавчины
Алитирование+цинкование	850	4	10–20	Незначительное потемнение. Тонкий налет серо-белых продуктов коррозии
	450	4		
Алитирование+цинкование	850	4	30–50	Появление незначительных очагов коррозии
	450	4		

алитирования по этому же режиму уменьшает скорость образования коррозии до 0,19 г/м² в сутки. При проведении процесса алитирования в смеси с низким содержанием алюминия (с 20%-м ферроалюминием) последующее цинкование при 500 °С уменьшает скорость образования коррозии лишь в два раза.

Повышение температуры последующего цинкования после алитирования в одной и той же смеси незначительно влияет на коррозионную стойкость полученных комплексных слоев. Например, повышение температуры последующего цинкования от 450 до 500 °С уменьшает скорость образования коррозии алюминидного покрытия, полученного при использовании смеси с 30%-м ферроалюминием, от 0,24 до 0,18 г/м² в сутки.

Высокая коррозионная стойкость алюминоцинкидных слоев объясняется легированием алюминидного слоя цинком. Установлено, что в результате последующего цинкования при 500 °С алюминидные покрытия, полученные при 800 и 850 °С в алитирующих смесях с различным содержанием алюминия, легируются цинком (следует отметить, что легируется главным образом FeAl-фазой).

Уменьшение скорости образования коррозии с повышением температуры цинкования (при одинаковых условиях предварительного алитирования) связано, вероятнее всего, с незначительным увеличением содержания цинка в слое. Низкая коррозионная стойкость покрытия, полученного в смеси с 10%-м ферроалюминием с последующим цинкованием, объясняется осаждением тонкого слоя 5–7 мкм почти чистого цинка на поверхности и соответственно очень низким содержанием цинка и алюминия в диффузионном слое — 3 и 11%. Общая характеристика внешнего вида покрытий после 360 ч испытания приведена в *таблице*.

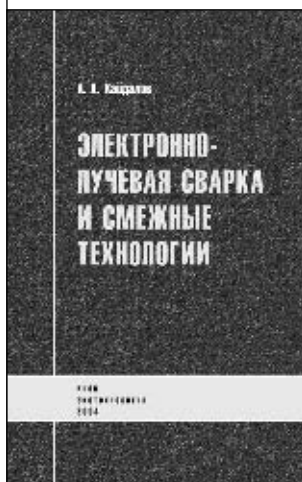
Проведенные исследования позволили установить, что для изделий, работающих в условиях атмосферной коррозии, регламентация структуры, фазового и химического состава поверхности материалов может быть достигнута путем их двухстадийной обработки порошковыми средами на основе цинка и алюминия. Предлагаемая в данном исследовании схема обработки изделий проста в технологическом оформлении и экономически целесообразна.

● #558

РЕЦЕНЗИЯ



А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. — 2-е изд., перераб. и доп. Киев: «Экотехнология», 2004. — 260 с.



С момента выхода предыдущей книги с участием автора (*Электронно-лучевая сварка. Киев: Наукова думка, 1987*) прошло 18 лет, поэтому появление новой монографии оказалось как нельзя кстати. Сравнительно небольшая по объему, она получила очень емкую по охвату достижений в области применения высоких плотностей мощности электронных пучков. В монографии приведена классификация основных известных электронно-лучевых технологий. Последовательно излагаются теория и практика формирования мощных потоков электронов, проникновения их в обрабатываемый материал, разработки соответствующего оборудования и технологий, промышленного использования методов сварки и инженерии поверхности.

Рассмотрены физические и технологические основы электронно-лучевого воздействия на металлические материалы. Приведены общие закономерности поведения электронов при попадании на поверхность и проникновении в глубь металлических материалов, прежде всего в режиме глубокого проплавления. Представлены оригинальные результаты автора по теоретическому и экспериментальному моделированию геометрии проплавления в зависимости от параметров пучка и с учетом гидродинамических явлений в сварочной ванне. Уделено внимание состоянию и перспективам использования физических явлений для эффективного контроля и регулирования процесса ЭЛС.

Подробно описано оборудование для ЭЛС, наиболее распространенное на промышленных предприятиях СНГ. Рассмотрены требования к основным параметрам отдельных элементов, узлов и систем сварочного оборудования, к материалам, применяемым для изготовления ответственных частей оборудования. Проведена классификация и представлены характеристики энергоблоков, систем управления и слежения за стыком свариваемого соединения. Рассматриваются основные типы сварочных установок; методика испытаний энергоблоков ЭЛС; основные типы оборудования для различных вариантов ЭЛС материалов, включая микросварку, изготовление деталей в условиях вакуума и вне вакуума.

Приведены технологические особенности ЭЛС. Рассмотрены характеристики процесса сварки и сварных соединений, технологических особенностей ЭЛС изделий из сталей, сплавов титана, меди, алюминия, тугоплавких металлов. Большое внимание уделено влиянию остаточной намагниченности ферромагнитных материалов на качество сварных соединений, методам устранения намагниченности.

Описано промышленное применение ЭЛС в различных отраслях промышленности. Дано сравнение эффективности применения электронно-лучевого, лазерного, плазменного оборудования для решения задач сварки. Приведены полные перечни стандартов по ЭЛС.

В монографии дается классификация известных методов электронно-лучевой модификации поверхности сталей и сплавов, рассмотрены различные режимы их обработки. Представлено специализированное оборудование, разработанное для модифицирования поверхности материалов. Приводятся результаты редко упоминаемых в литературе электронно-лучевых методов формообразования, резки, сверления, гравировки.

Книгу следует рассматривать как ценный вклад в дело продвижения в практику накопленных знаний в области использования концентрированных потоков электронов для существенного повышения свойств материалов и их соединений.

*Директор Физико-технического института НАН Беларуси, академик, д-р техн. наук, профессор А. И. Гордиенко
Заведующий лабораторией, канд. техн. наук И. Л. Польш*



Проблемы аттестации технологии сварки

М. А. Лактионов, канд. техн. наук, В. В. Отроков, А. А. Клименко, ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» (Сумы)

В мировой практике сварочного производства аттестация сварочных процессов стала неотъемлемой частью систем обеспечения качества продукции. В США и ряде других стран нормы и требования к сварочному производству отражены в различных секциях стандартов ASME, в частности, требования к аттестации сварщиков и процессов сварки изложены в IX секции норм ASME. Эти нормы разрабатывает и один раз в три года пересматривает общество инженеров-сварщиков, входящее в состав общества инженеров-механиков США (ASME). Американское общество инженеров-сварщиков имеет свои комитеты, подкомитеты и секции, которые определяют требования к различным аспектам сварочного производства: подготовка кадров, сварочное оборудование, сварочные материалы, сварочные технологии, нормы оценки качества, требования безопасности и т. д.

В странах объединенной Европы в области аттестации технологии сварки действует европейский стандарт EN-288, который трансформировался в международный стандарт ISO 9956-1995. Применение этих стандартов имеет добровольный характер и регулируется договорными обязательствами между поставщиком и покупателем. Цель аттестации сварочных процессов — гарантировать качество сварных соединений и, в конечном итоге, потребительские свойства изделий. Поэтому зарубежные заказчики в договорах на поставку продукции практически всегда выставляют требования аттестации персонала и сварочных процессов. Система качества продукции ISO-9001 однозначно предусматривает условие аттестации процессов сварки. Таким образом, несмотря на принцип добровольности, для повышения конкурентоспособности продукции аттестация сварочных процессов стала безусловным требованием к сварочному производству в промышленных развитых странах.

Согласно законам Украины «Про стандартизацію» и «Про підтвердження відповідності» стандарты применяются на добровольных началах, если иное не установлено законодательством. Государственная система сертификации УкрСЕПРО также декларирует принцип добровольности, но с оговоркой, что «применение стандартов или их отдельных положений становится обязательным для всех субъектов хозяйствования,

если это предусмотрено в технических регламентах и других нормативно-правовых актах». Необходимость аттестации сварочных процессов обусловлена отечественными нормативными документами: ДНАОП 0.00-1.07-94 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», ДНАОП 0.00-1.08-94 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов» (в дальнейшем Правила Госнадзорохрантруда), ПНАЭГ-7-010-89 «Сварные соединения и наплавки. Правила контроля» (в дальнейшем Правила АЭУ) и др.

Правила АЭУ включают в полном объеме систему аттестации технологии сварки и порядок ее осуществления применительно к структурам СССР (рисунки). После распада Союза порядок согласования и утверждения аттестованных технологий претерпел изменения (схемы 2 и 3). К сожалению, в Украине практически нет головной материаловедческой организации, которая занималась бы этими вопросами и, соответственно, нет своей нормативной документации на изготовление оборудования для атомной энергетики.

Правила Госнадзорохрантруда устанавливают общие требования, технические условия и область распространения технологического процесса сварки. Порядок проведения аттестации недостаточно освещен (схема 4). Согласно Правилам производственную аттестацию проводит аттестационная комиссия, которая создается на предприятии, по Программе, разработанной этим предприятием и утвержденной председателем комиссии. Аттестацию выполняют для каждой группы однотипных сварных соединений. К сожалению, условия однотипности в указанных Правилах имеют различные критерии (таблица).

В системе сертификации УкрСЕПРО разработан стандарт ДСТУ 3951-2000 (ISO 9956-1995), который определяет общие требования, порядок и технические условия при оценке качества технологического процесса сварки и его достаточности для обеспечения необходимых эксплуатационных свойств сварных соединений. Техническая часть стандарта соответствует стандар-

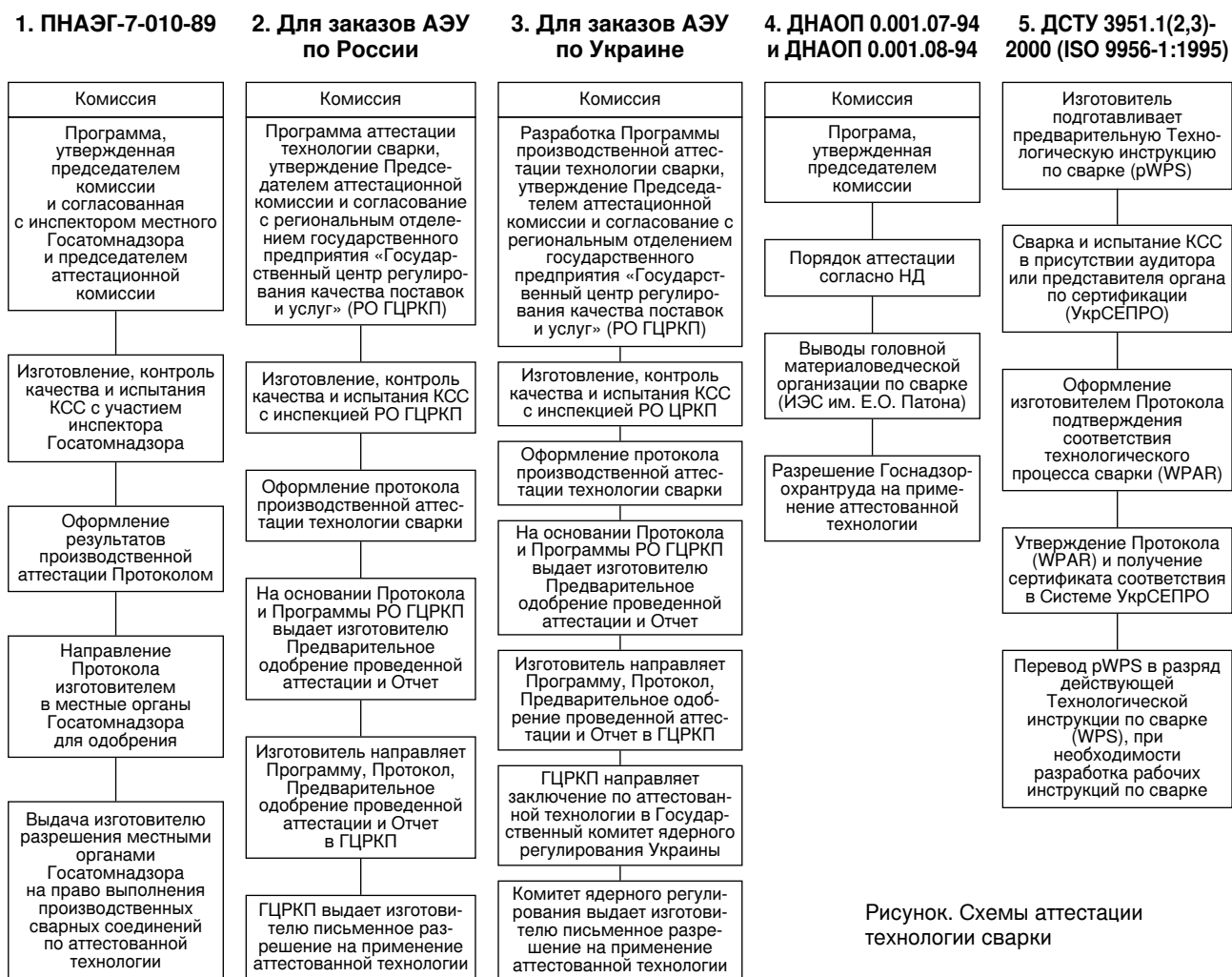


Рисунок. Схемы аттестации технологии сварки

ту EN288 (таблица). Порядок и общие условия аттестации, области распространения аттестации имеют существенные отличия от вышеприведенных Правил (схема 5). В ДСТУ в отличие от Правил не упоминается о Программе и аттестационной комиссии, а требуется разрабатывать и выполнять Технологические инструкции по сварке (WPS) и Протоколы подтверждения соответствия сварочных процессов (WPAR).

Правила АЭУ требуют согласования аттестуемых сварочных процессов в Системе Комитета по ядерному регулированию, в частности, в Государственном центре регулирования качества поставок и услуг. Правила Госнадзорхрантруда предусматривают согласование в ИЭС им. Е. О. Патона и получение разрешения на применение аттестуемых технологий в системе Госнадзорхрантруда. Согласно стандарту ASME изготовитель самостоятельно выполняет аттестацию сварочных процессов и отвечает за это в полном объеме, а отчетная документация должна быть доступна техни-

ческому инспектору. EN 288 оговаривает участие независимого аудитора или контролирующей организации в процессе аттестации технологии сварки. Порядок оформления, согласования и получения разрешения на применение WPS и WPAR, выполненных согласно ДСТУ 3951, оговорен в системе УкрСЕПРО стандартами по сертификации продукции. Этот процесс довольно сложный и дорогостоящий.

ДСТУ 3951 – отечественный нормативный документ по аттестации технологических процессов, гармонизированный с международным стандартом ISO 9956 и европейским стандартом EN288.

Международные стандарты обуславливают единый подход к аттестации сварочных процессов при изготовлении продукции различного назначения. При этом оговаривается возможность дополнительных испытаний и ограничений в зависимости от условий эксплуатации сварных конструкций и требований конкретной нормативной документации. Аналогично,

Таблица. Общие признаки однотипных сварных соединений

Наименование признака	ПНАЭГ-7-008-83	ДНАОП 0.00-1.08-94	ДНАОП 0.00-1.07.94	ДСТУ 3951.1,2,3-2000	EN-288	ASME секция IX				
						Способ сварки, применяемый при выполнении контрольного соединения				
Марка (сочетание марок) сварочных материалов	Стали одного структурного класса, для сварки которых предусмотрены сварочные материалы одних и тех же марок			11 групп сталей, в том числе распространение аттестации с более высоким номером группы на меньший		11 групп сталей с подгруппами				
	Допускается объединять сварные соединения, выполняемые различными сварочными материалами, которые согласно НД можно использовать для сварки одной и той же марки стали			Допускается объединять различные сварочные материалы: а) обеспечивающие требуемый уровень механических свойств; б) обеспечивающие требуемый химический состав; в) по типу покрытия электрода; г) при требовании испытания на ударную вязкость — на конкретную марку		Имеется 6 групп сварочных материалов				
Номинальная толщина свариваемых изделий в зоне сварки	а) $t \leq 3$ мм б) $3 < t \leq 10$ мм в) $10 < t \leq 50$ мм г) $t > 50$ мм Допускается распространять диапазон толщин группы в на группу б	—	Допускается соотношение толщин	Аттестационные соединения	Область распространения		Толщина сваренной заготовки для изготовления испыт. обр., мм	Аттестуемый диапазон толщины основного металла, мм		Аттестуемая толщина t наплавленного металла сварного шва (мм), max
					однопроходный шов	многопроходный шов		min	max	
					$t \leq 3$ мм	t до $2t$	$\leq 1,58$	T	2T	2t
					$3 < t \leq 12$ мм	3 мм до $2t$	$\geq 1,58$ до 9,52	1,58	2T	2t
					$12 < t \leq 100$ мм	0,5t до $2t$ (max 150 мм)	$\geq 9,52 \leq 19,05$	4,76	2T	2t при $t < 19,05$
					$t > 100$ мм	0,5t до 1,5t	19,05 до 38,1	4,76	2T	2t при $t \geq 19,05$
Диаметр свариваемых изделий	а) $D \leq 12,5$ мм б) $12,5 \leq D \leq 50$ в) $50 \leq D \leq 200$ г) $D > 250$ мм	—	Dmax / Dmin $\leq 1,65$	Диаметр, мм		Диаметр заготовки, мм				
				образца	аттестуемый	наружный	аттестованный наружный			
							min	max		
				D < 168,3 D \geq 168,3	от 0,5D до 2D \geq 0,5D мм	D < 25,4	Размер при сварке	Не ограничен		
						25,4 до 73	25,4	Не ограничен		
						73 и более	73	Не ограничен		
Вид сварного соединения	В одну группу объединены угловые, тавровые и нахлесточные соединения			—		Стыковые швы на пластинах подтверждают тавровые и угловые соединения				
Форма подготовки кромок	С односторонней разделкой кромок при угле скоса α : а) $\alpha \leq 8^\circ$; б) $\alpha > 8^\circ$; в) с двухсторонней разделкой кромок		Соединение одинаковое по конструкции		—		Несущественная переменная			
Способ сварки корневого слоя	а) на остающейся подкладке; б) на расплавленной подкладке; в) без подкладки; г) с подваркой корня шва		—		а) на подкладке; б) без подкладки; в) удалением корня шва; г) без удаления корня шва		Для аттестации технологии выполнение корневого слоя (с подкладкой, без подкладки) не существенная переменная			
Термический режим сварки	а) с подогревом; б) без подогрева; в) с послынным охлаждением		Одинаковый режим подогрева		а) температура контрольного сварного соединения является нижним пределом температуры подогрева; б) между проходами верхним пределом должна быть температура при сварке контрольного образца		а) снижение более чем на 38°C , относительно аттестованного диапазона (кроме ЭШС — не существенно); б) увеличение более чем на 38°C температуры между проходами относительно аттестованного диапазона			
Термообработка после сварки	Режим термической обработки после сварки									

ДСТУ 3951 должны использовать как основной нормативный документ по аттестации сварочных процессов. Ведомственные Правила могут предусматривать дополнительные требования. Для внедрения ДСТУ 3951 необходимо внести изменения в ведомственные Правила и устранить имеющиеся в стандарте недостатки.

В ДСТУ 3951.1 приведено пять схем подтверждения соответствия технологических процессов сварки, но подробно изложена только одна — «испытание технологического процесса сварки». Другие схемы подтверждения соответствия только декларированы, а они могут вызывать наибольший интерес у отечественных производителей, поскольку во многом их использовали ранее. Например, «Подтверждение на соответствие сварочных материалов» обязательное при производстве оборудования для атомной энергетики. «Типовые технологические процессы сварки» и «Предыдущий опыт сварки» широко используют в различных отраслях производства. «Испытание свариваемости до начала производства» является требованием многих отечественных Правил по производству ответственных сварных конструкций. В ДСТУ 3951.1 оговорено, что «ограничения для применения различных схем подтверждения соответствия определены в стандартах, в которых рассматриваются отдельные схемы». К сожалению, в настоящее время такие стандарты отсутствуют.

Согласно нормам ASME аттестация процессов сварки обязательна, но при этом отсутствует требование выполнения контрольных сварных соединений (КСС) на изделия. Отечественные Правила предусматривают выполнение и первого, и второго условий. По-видимому, необходима корректировка Правил с целью снижения количества КСС в обоснованных случаях.

Срок действия аттестации по нормам ASME неограниченный, за исключением случаев ухудшения качества. В ДСТУ 3951 и соответственно в ISO 9956 и EN 288 отсутствуют указания по срокам действия, но по информации представителей УкрСЕПРО разрешение на использование аттестованной технологии выдается на срок от одного до пяти лет в зависимости от имеющейся системы качества на предприятии. Предлагаемая УкрСЕПРО схема подтверждения на соответствие сварочных процессов в организационном плане имеет и другие существенные недостатки. Например,

лаборатории для испытаний и контроля КСС должны быть аккредитованы в системе УкрСЕПРО согласно ДСТУ 3412–96, что подразумевает юридическую независимость лабораторий и требует значительных затрат на аккредитацию. Согласно закону Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність» в сферу государственного метрологического надзора не входит испытание сварочных процессов, т. е. отсутствует требование обязательной аккредитации лабораторий. Вызывает удивление тот факт, что лаборатории, которые имеют Разрешения в системе Госнадзорохрантруда и атомной энергетики Украины, должны дополнительно аккредитоваться и в системе УкрСЕПРО для выполнения работ согласно Правилам Госнадзорохрантруда. К тому же лаборатории ежегодно проверяют эксперты Госнадзорохрантруда и Ассоциации независимых экспертов Украины («Укрэксперт»). Наиболее приемлемым вариантом в данном случае представляется выполнение испытаний КСС вышеуказанными лабораториями в присутствии независимого аудитора.

Согласно ДСТУ 3951.3 «сварщик, который выполняет испытываемый процесс сварки... должен быть аттестован на этот процесс, тип и способ выполнения соединения по ДСТУ 2944–94». В то же время в Украине всех сварщиков аттестуют согласно ДНАОП 0.00–1.16–96. В аннотациях к данным нормативным документам указано, что они разработаны на основании европейских норм EN 287. Как показала практика, зарубежных заказчиков не удовлетворяет такая ссылка. Необходимо доработать ДСТУ 2944 или ДНАОП 0.00–1.16–96 с целью гармонизации с EN 287.

Таким образом, нормативная документация в области аттестации сварщиков и сварочных процессов требует существенной доработки:

- В ДСТУ 3951–2000 (ISO 9956:1995) устранить отличные от международных стандартов организационные положения, которые противоречат целям создания НД.
- Разработать нормативную документацию на применение четырех схем аттестации сварочных процессов, которые задекларированы, но не раскрыты в ДСТУ 3951.
- Порядок согласования WPS и WPAR, а также получения Разрешения на их применение привести в соответствие с международными нормами.
- В ведомственные Правила внести положение об аттестации сварочных процессов согласно ДСТУ 3951–2000 (ISO 9956:1995).
- Правила аттестации сварщиков доработать с целью получения стандарта, гармонизированного с EN 287.

Для решения этих вопросов необходима координация усилий нескольких ведомств и организаций. Организующую роль в данном случае может и должно выполнить Общество сварщиков Украины. Разработку нормативной документации в области сварки необходимо упорядочить под эгидой Общества сварщиков Украины, в состав которого входят потребители и разработчики нормативной продукции.

С целью гармонизации отечественной нормативной базы в области сварки с мировыми стандартами Общество сварщиков Украины необходимо структуризировать аналогично ASME.

● #559



Опыт ОАО ХК «Лугансктепловоз» по обучению сварщиков

А. Н. Ткаченко, Т. В. Тонян, ОАО ХК «Лугансктепловоз» (Луганск)

Луганск — крупный промышленный центр с высокоразвитыми отраслями тяжелого и транспортного машиностроения. Специалистов-сварщиков для предприятий города обучают два машиностроительных лицея и два производственно-технических училища (ПТУ). Ежегодно эти учебные заведения выпускают 140–150 специалистов, но их профессиональный уровень не всегда соответствует требованиям сегодняшнего дня. В основном это связано со слабой материально-технической базой лицеев и ПТУ, не обновлявшейся десятки лет и имеющей морально и физически устаревшее сварочное оборудование, предназначенное для сварки исключительно углеродистых сталей ручным электродуговым, полуавтоматическим и газовым способами.

Большой проблемой для ПТУ всегда было и остается в настоящее время приобретение основных и сварочных материалов, в особенности тех, которые не использовались ранее для изготовления сварных металлоконструкций. Сегодня на предприятиях города сваривают металлоконструкции из высоколегированных, высокоуглеродистых сталей, цветных металлов и их сплавов и даже разнородных по химическому составу металлов.

В частности, наше предприятие приступило к изготовлению металлоконструкций из нержавеющей стали 10Х13Г18ДУ, технология сварки которой не имеет аналогов, а также металлоконструкций из алюминиевых и магниевых сплавов. Непременным условием качественного изготовления изделий из указанных материалов является

высокая квалификация сварщиков. Выпускники лицеев и ПТУ по объективным причинам не могут сразу выполнять сварку ответственных металлоконструкций, сварные швы которых подлежат радиографическому и ультразвуковому контролю.

В связи с повышенными требованиями к профессиональной подготовке кадров, внедрением передовых технологий, расширением программы выпуска новых изделий руководство ОАО «ХК «Лугансктепловоз» вынуждено было принять решение о создании учебно-технологической базы по подготовке специалистов-сварщиков высокой квалификации непосредственно на предприятии и в кратчайшие сроки. Созданная в 2003 году учебно-технологическая база ОАО «ХК «Лугансктепловоз» имеет лицензию № 521210, серия АА, выданную Министерством образования и науки Украины от 11.09.03 г. с правом допуска на обучение следующим профессиям: электрогазосварщик, токарь, фрезеровщик, слесарь механосборочных работ, слесарь по сборке металлических конструкций, стропальщик.

В состав учебной базы входит учебно-технологический цех, на площадях которого размещены специализированные рабочие места сварщиков, оборудованные всем необходимым для обучения приемам выполнения сварочных работ: современными источниками питания для ручной электродуговой сварки, полуавтоматической в защитной среде газов, под слоем флюса; соответствующими полуавтоматами и инструментами для сварщика. Здесь же расположены слесарная, токарная, фрезерная мастерские, участки слесарей механосборочных работ, слесарей по сборке металлоконструкций, полигон стропальщиков. Для проведения теоретических занятий функционируют семь учебных классов, оснащенных мебелью, наглядными пособиями в виде плакатов, макетов, отдельными видами натуральных агрегатов, сварочным и слесарным инструментом. В учебном процессе используются компьютеры, телеви-



Рис. 1. Учебный цех. Класс для теоретической подготовки электрогазосварщиков

зор, магнитофон, видеокассеты с учебным материалом.

Теоретическое обучение проводится с группами слушателей из 10–25 человек, в соответствии с учебными программами, разработанными отделом подготовки кадров с участием специалистов компании на основании типовых программ, утвержденных Министерством образования и науки Украины. Лекции читают квалифицированные специалисты, имеющие преподавательский стаж не менее 3 лет.

Производственное обучение проводится в два этапа: на первом — в учебных мастерских под руководством мастера производственного обучения, на втором — непосредственно на производстве под руководством инструктора.

Слушатели, прошедшие полный курс обучения и успешно сдавшие теоретический и практический экзамены, получают аттестат государственного образца.

В соответствии с Разрешением № 430.02.09.61.000 от 19.08.02 г., выданным Луганским экспертно-техническим центром, на учебно-технологической базе проводится аттестация сварщиков ОАО «ХК «Лугансктепловоз» и сторонних организаций в соответствии с Правилами аттестации ДНАОП 0.001–96, для чего приказом генерального директора назначена аттестационная комиссия, члены которой специально обучены и аттестованы Киевским аттестационным центром. В состав комиссии входят: председатель — главный сварщик компании Ткаченко А. Н., имеющий свидетельство эксперта ЦАКС № АН–13, зам. главного сварщика Миронов А. И.; зам. начальника ОТК ХК Уманский В. А.; зам. начальника ООТ Волос Ю. И., имеющие соответствующие свидетельства на право проведения аттестации.

В течение одного года на базе могут обучиться и получить удостоверение европейского образца по форме, установленной ДНАОП № 000–1.16–96, 120–130 человек, а в целях подтверждения профессионального уровня и продления срока действия указанного удостоверения — 160–180 человек. Стоимость обучения рассчитывается для каждого способа сварки отдельно и составляет от 300 до 500 грн. на одного человека.

Изучив положительный опыт обучения специалистов рабочим профессиям непосредственно в производственных условиях, областной центр занятости обратился к руководству компании с предложением о

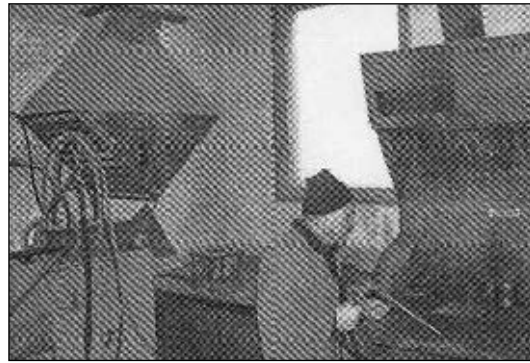


Рис. 2. Учебный цех. Практическая подготовка электрогазосварщиков

сотрудничестве и направлении на учебу желающих из числа безработных, состоящих на учете. Уже сейчас на учебной базе ОАО ХК «Лугансктепловоз» подготовлено 89 газосварщиков, направленных на обучение областным центром занятости, из которых 62 человека получили базовый 3-й разряд и 27 — повышенный 4-й разряд.

В производственном процессе ОАО ХК «Лугансктепловоз» доля сварочных работ составляет 60%, поэтому наши усилия направлены не только на подготовку высококвалифицированных рабочих-сварщиков. Многие годы мы успешно сотрудничаем с кафедрой сварки Восточного украинского национального университета им. В. Даля (ВНУ), обеспечиваем технологическую и преддипломную практику для студентов.

Для более качественной подготовки инженерных кадров, по инициативе технического директора ОАО ХК «Лугансктепловоз» Г. Г. Басова, создан учебно-научно-производственный центр. В состав центра входит несколько филиалов кафедр инженерных факультетов Восточного украинского национального университета, в том числе и филиал кафедры сварки, которым заведует главный сварщик ОАО ХК «Лугансктепловоз», многие годы являющийся председателем ГЭК при защите дипломных проектов студентами кафедры сварки ВНУ. На кафедре преподают опытные специалисты нашего предприятия.

Эффективность тесного содружества науки и производства сегодня очевидна, ежегодно к нам на предприятие приходят от 3 до 10 человек — грамотных молодых специалистов, инженеров-сварщиков, способных сразу же самостоятельно решать сложные технические вопросы, работать руководителями производства. Мы готовы поделиться накопленным опытом со всеми заинтересовавшимися и рекомендовать его к применению на других предприятиях нашей страны.

● #560

Совещание ведущих специалистов сварочного производства Украины

17–18 марта 2005 г. в Симферополе на электромашиностроительном заводе «Фирма «СЭЛМА» по инициативе Общества сварщиков Украины и Крымского регионального отделения ОСУ состоялось совещание, в работе которого приняли участие более 80 главных сварщиков промышленных предприятий Украины, руководителей сварочных факультетов и кафедр высших учебных заведений, учебно-методических и учебно-аттестационных центров, техникумов и профессионально-технических училищ.

Состав участников совещания был определен его темой «Улучшение подготовки рабочих сварочных специальностей и повышения качества выпускаемой продукции».

С вступительным словом выступил президент ОСУ В. Г. Фартушный, отметивший, что в последние годы значительно возросли требования к качеству сварных конструкций. Основу обеспечения качества составляют современная нормативно-техническая документация на организацию и выполнение работ, аттестованный персонал и сертифицированные сварочные материалы и оборудование.

Актуальным является улучшение подготовки рабочих и младших специалистов сварочных специальностей в профессионально-технических училищах, техникумах, колледжах.

В докладе Н. Г. Ефименко (Украинская инженерно-педагогическая академия, председатель Харьковского областного отделения ОСУ) был представлен анализ состояния подготовки кадров в системе профессионально-технического обучения по материалам, подготовленным областными отделениями ОСУ.

Сегодня в Украине более 400 ПТУ ведут подготовку рабочих сварочных специальностей. Большинство учебных заведений оснащены оборудованием 70-х годов, методические материалы не обновлялись с 1980 года, ощущается дефицит квалифицированных мастеров и педагогов. В результате уровень подготовки рабочих не соответствует требованиям современного сварочного производства, а промышленность ощущает острый дефицит кадров. Профессионально-технические учебные заведения нуждаются в современном оборудовании и материалах, методических программах, тренажерах (например, созданных в ИЭС им. Е. О. Патона), учебной и справочной литературе по сварке и родственным технологиям.

В выступлении В. Т. Котика (исполнительный директор Украинского аттестационного комитета сварщиков) прозвучала озабоченность тем, что сварщики «стареют». Возраст рабочих сварочных специальностей (более 60% всех аттестованных сварщиков) 35–50 лет. Он также отметил, что привязка разряда к заработной плате не способствует процессу совершенствования и переподготовки кадров.

П. П. Проценко (директор Межотраслевого учебно-аттестационного центра ИЭС им. Е. О. Патона) рассказал об опыте применения модульных программ при подготовке сварщиков. Использование модульных программ позволяет в короткие сроки качественно осуществить подготовку сварщика с учетом его индивидуальных способностей. Эти программы гармонизированы с требованиями международных стандартов и компетентности персонала. Здесь необходим комментарий: применение модульных программ не исключает необходимость в обеспечении обучающегося современными сварочными материалами и оборудованием.

В выступлениях главных сварщиков Ю. В. Солониченко (ОАО «Домен Шипардс Океан»), А. Н. Ткаченко (ХК «Лугансктепловоз»), Ю. В. Бутенко (ОАО «Зоря-Машпроект») отмечалось, что практически все молодые сварщики после окончания учебных заведений требуют дополнительного практического обучения. С этой целью на заводах созданы учебные центры, где

проводят специальную подготовку сварщиков в соответствии с требованиями производства.

Н. И. Иванов (директор Учебно-методического центра ПТО, Сумы), О. Н. Жихор (Учебный методический центр ПТО, Харьков) предложили присутствующим представителям заводов и научных центров объединить усилия по совершенствованию системы подготовки кадров в системе ПТО с использованием всех известных методических и организационных форм. В выступлении было подчеркнуто, что в период становления рыночных отношений в экономике страны необходимо не только сохранить педагогический опыт обучения, но и совершенствовать систему подготовки кадров с учетом новых требований.

После общей дискуссии совещание приняло следующие рекомендации:

1. Совету Общества сварщиков Украины обратиться в Министерство образования и науки Украины (МОН) с предложением ускорить разработку стандартов по профессиональной подготовке рабочих-сварщиков с учетом требований международной нормативной базы и провести их экспертизу с участием ведущих специалистов сварочного производства.

2. Совету ОСУ, Украинскому аттестационному комитету сварщиков (УАКС), Межотраслевому учебно-аттестационному центру ИЭС им. Е. О. Патона, Украинской инженерно-педагогической академии совместно с Департаментом ПТО МОН Украины разработать программу повышения квалификации преподавателей учебных заведений и обеспечить ее выполнение.

3. Предложить Департаменту ПТО МОН Украины совместно с Советом ОСУ разработать положение о создании региональных тренинговых центров повышения квалификации рабочих-сварщиков с учетом требований предприятий.

4. Областным отделениям ОСУ совместно с областными учебно-методическими центрами ПТО проанализировать и обобщить потребность учебных заведений в справочной и информационной литературе с целью организации их подготовки и издания.

5. Совету ОСУ совместно с техническим комитетом ТК44 «Сварка и родственные процессы» уделить особое внимание подготовке национальных стандартов, определяющих качество продукции сварочного производства.

6. Предложить ведущим предприятиям-изготовителям сварочного оборудования и материалов принять активное участие в модернизации материально-технической базы учебных заведений и создании таковой в организуемых тренинговых центрах.

7. Поручить Совету ОСУ создать рабочие комиссии для выполнения рекомендаций совещаний.

● #561

В. М. Илюшенко,

канд. техн. наук, вице-президент ОСУ

Всеукраинский конкурс сварщиков

5–8 апреля 2005 г. в Херсоне на базе профессионального судостроительного лицея состоялось знаменательное событие — финал Всеукраинского конкурса профессионального мастерства среди учащихся профессионально-технических учебных заведений по профессии «Электросварщик». Данный конкурс стал уже традиционным, так как проводится третий год подряд. Организатором конкурса является Министерство образования и науки Украины.

Цель конкурса — выявление и поддержка талантливой молодежи в системе профтехобразования, повышение уровня профессиональной подготовки, развитие творческой активности учащихся, совершенствование организации и содержания подготовки электросварщиков.

Финальному этапу конкурса предшествовали конкурсы профмастерства в учебных заведениях и отборочные региональные конкурсы. Всего в конкурсе приняло участие 27 представителей из 24 областей, Автономной Республики Крым, Киева и Севастополя. Тематика конкурса — ручная дуговая сварка покрытым электродом и полуавтоматическая сварка в среде защитных газов. В работе конкурса принял участие начальник Департамента профессионального образования Министерства образования и науки Украины Т. М. Десятов. В жюри конкурса входили ведущие региональные специалисты профтехобразования по сварке: С. М. Войчук (председатель жюри), Т. Я. Атаманюк, Н. И. Иванов, О. Ф. Иваськив, О. М. Пьех, О. П. Черпаха, а также независимые эксперты.

Конкурс проходил в три тура на учебной базе Херсонского профессионального судостроительного лицея:

I тур — демонстрация теоретических знаний;

II тур — демонстрация сборки и полуавтоматической сварки трех пластин;

III тур — демонстрация ручной дуговой сварки конструкции из пластин и углового профиля.

Результаты в каждом туре оценивали по балльной системе, а победителей конкурса определили по сумме баллов, набранных в трех турах.

В первом туре проверку теоретических знаний сварщиков проводили методом тестирования на компьютере. Участникам был предложен тест, содержащий 60 вопросов из типовой программы подготовки электросварщиков. С предложенным тестом участники в большинстве справились на «хорошо» — индивидуальные показатели в этом туре составили от 50 до 98% правильных ответов на поставленные вопросы. Практические задания и технические условия для его выполнения были достаточно сложными и отвечали квалификационной характеристике электросварщика 4-го разряда.

Во втором туре участники выполнили сварку стыковых соединений пластин толщиной 4 мм из низкоуглеродистой стали на сварочном полуавтомате А-547 У. При этом предусматрива-

лись дополнительные баллы в зависимости от положения шва в пространстве и исполнения сварного шва.

В третьем туре производили сварку конструкции из пластин и углового профиля толщиной 6 мм способом дуговой сварки покрытыми электродами УОНИ 13/55.

Качество сварных соединений оценивали визуально и с помощью пневмоиспытаний на плотность шва под давлением 0,5 МПа. В результате кропотливой работы жюри были подведены итоги соревнования электросварщиков и объявлены победители конкурса. Победителями стали Юрий Люрик, учащийся Днепродзержинского высшего профессионального училища, и Алексей Полушкин, учащийся Херсонского профессионального судостроительного лицея. По общему мнению, конкурс прошел на хорошем уровне. Он же позволил выявить некоторые проблемы в теоретической и практической подготовке сварщиков.

Участниками конкурса было принято Обращение к Обществу сварщиков Украины с просьбой принять коллективным членом сварщиков профтехобразования, что даст возможность плодотворно сотрудничать, внедрять новые инновационные технологии, усиливать научный потенциал, совершенствовать формы и методы подготовки будущих сварщиков.

Любопытно, что представители Днепродзержинского ВПУ неизменно становятся победителями этого конкурса (2003 г. — Виталий Коваленко; 2004 г. — Владислав Яковенко). В чем же причина успеха данного учебного заведения?

Во-первых, училище специализируется на подготовке специалистов-сварщиков (из 30 лицензированных профессий 6 относятся к сварочному производству). Во-вторых, заведение имеет неплохую учебно-материальную базу не только для теоретического, но и для производственного обучения. В распоряжении будущих сварщиков электросварочная и газосварочная мастерские, мастерская по производству металлоконструкций; в стадии завершения мастерская механизированных видов сварки.

В обновлении материальной базы училища принимают участие не только предприятия-заказчики, но и производители сварочного оборудования. Так, в 2004 г. Каховский завод электросварочного оборудования (директор Я. И. Микитин) передал училищу два комплекта для полуавтоматической сварки в среде защитных газов. В-третьих, училище поддерживает тесную связь с предприятиями-заказчиками рабочих кадров: ОАО «Днепровагонмаш» и ОАО «Днепровский металлургический комбинат им. Дзержинского». В учебном заведении уже давно введена в действие независимая оценка качества подготовки выпускников именно представителями предприятий.

Областной конкурс, который проходил в Днепродзержинском ВПУ, оценивался с участием независимых экспертов: Н. М. Кононова — председателя Днепропетровского областного общества сварщиков, главного сварщика ОАО «Днепровагонмаш»; и О. Н. Рохлина — начальника лаборатории сварки ОАО «Днепровский меткомбинат».

В-четвертых, Днепродзержинское ВПУ имеет очень хороший кадровый потенциал. Методическую комиссию сварочного производства возглавляет преподаватель высшей категории Т. Я. Атаманюк. Производственное обучение проводят высококвалифицированные специалисты Л. М. Молодик, В. Л. Канунов, Е. Н. Роговская и др.

Более подробно об истоках успеха своих учащихся училище готово рассказать в 2006 г., когда, по предварительной договоренности, финал Всеукраинского конкурса сварщиков состоится именно в Днепродзержинском ВПУ.

● #562

Т. Я. Атаманюк



Организация современного сварочного производства при изготовлении, монтаже и ремонте оборудования

Научно-практический семинар для руководителей и специалистов в области сварочного производства

И. А. Рябцев, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)

12–14 апреля 2005 г. в Воронеже, в государственном техническом университете состоялся научно-практический семинар «Организация современного сварочного производства при изготовлении, монтаже и ремонте оборудования», организованный Российским союзом разработчиков и производителей сварочной продукции, Российским научно-техническим сварочным обществом, кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» ВГТУ и ЗАО «Агротех» (Воронеж). В работе семинара приняли участие около 40 специалистов в области сварки и родственных технологий, было представлено свыше двадцати докладов ученых из Российской Федерации и Украины.

Открывая семинар, заведующий кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» ВГТУ, д-р техн. наук, проф. В. В. Пешков подчеркнул, что впервые за последние годы в ВГТУ удалось собрать такой представительный научно-технический семинар по сварке с привлечением специалистов из известного во всем мире ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

С докладом «Состояние и перспективы развития современного сварочного производства» выступил д-р техн. наук, проф., вице-президент Российского научно-технического сварочного общества В. А. Казаков. Он отметил, что в 1990-е годы прошлого века сварочное производство в странах СНГ было отброшено на уровень 1965–1970 гг. В частности, за период с 1990 по 2002 гг. производство сварочного оборудования снизилось с 49,7 до 12,3 тыс. шт. в год, причем сокращение произошло в первую очередь за счет падения выпуска оборудования для механизированных способов сварки. Тем не менее в экономике стран СНГ, по мнению В. А. Казакова, наметились положительные сдвиги. Сегодня в РФ действует ряд государственных программ, предполагающих создание устойчивого рынка сварочных технологий и оборудования.

На семинаре значительное внимание было уделено проблемам стандартизации, сертификации и подготовки кадров в области сварочного производства и их адаптации к требованиям европейских стандартов. В Российской Федерации этой проблемой занимаются Институт сварки РФ и технический комитет ТК–364 по стандартизации «Сварка и родственные технологии» Минпромэнерго РФ. От этих организаций д-р техн. наук, проф. В. В. Смирнов и д-р техн. наук О. А. Цукуров представили пять докладов, в которых был приведен сравнительный анализ российских и зарубежных стандартов в области сварки и родственных технологий.

О. А. Цукуров рассказал также об опыте подготовки в Российско-германском учебном центре Института сварки России отечественных специалистов-сварщиков (рабочих, техников, инженеров) на присвоение европейской и международной квалификации. С 1996 по 2004 гг. в этом центре было подготовлено более 80 инженеров и техников, а также более 150 рабочих-сварщиков с выдачей сертификатов, признаваемых в странах ЕС.

Ю. К. Бондаренко, канд. техн. наук (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) в докладе «Обеспечение эффективной координации сварочных работ при монтаже и ремонте технологического оборудования» поделился опытом адаптации национальных стандартов Украины к требованиям международных стандартов. Например, Государственные стандарты Украины серии ДСТУ ISO 3834–2001 «Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов» конкретизируют требования стандартов серии ДСТУ ISO 9000–2001 применительно к сварочному производству. Выполнение требований стандартов серии ДСТУ ISO 9000 и ДСТУ ISO 3834 невозможно без подтверждения соответствия производства стандарту ISO 14731:1997 (EN 719:1994) «Координация сварочных работ. Задачи и ответственность». Этот стандарт содержит требования к координации сварочных работ и рекомендации по выполнению этих требований.

Большой интерес вызвал доклад кандидатов техн. наук П. П. Проценко и В. Е. Пономарева (Межотраслевой учебно-аттестационный центр (МУАЦ) ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) «Особенности профессиональной подготовки сварщиков в соответствии со стандартами компетентности». При разработке новой квалификационной системы подготовки сварщиков использованы подходы Международного института сварки и Европейской сварочной федерации. Стандарт компетентности четко регламентирует, какими теоретическими знаниями и практически навыками должен обладать сварщик данной квалификации для выполнения определенной сварочной операции с учетом типа выполняемых швов, вида свариваемых деталей и типа основного металла. В стандарте введено также понятие «элемент компетентности» — конкретный практический навык, осваиваемый сварщиком.

Обучение в МУАЦ проводят на базе модульных учебных систем, рекомендованных Между-

народной организацией труда и Министерством образования и науки Украины. Модульная технология профессионального обучения предусматривает индивидуальный принцип подготовки с учетом результатов входного тестирования кандидата на обучение. По результатам тестирования составляют учебный план и подбирают пакет программ для конкретного слушателя. В процессе обучения широко используют видеофильмы и компьютерные анимации о процессах в сварочной дуге, особенностях переноса металла при различных способах дуговой сварки и т. п.

О современных подходах к подготовке инженерных кадров в области сварочного производства рассказал д-р техн. наук, проф. В. А. Фролов («МАТИ» — РГТУ им. К. Э. Циолковского, Москва). В современных условиях взаимоотношения работодателя образовательного учреждения и студента претерпели существенные изменения. В наибольшей степени этим изменениям удовлетворяет система целевой индивидуальной контрактной подготовки специалистов.

Вторая часть научно-практического семинара была посвящена вопросам разработки сварочных и наплавочных материалов, сварочного оборудования, технологий сварки и наплавки конкретных деталей.

В докладе «Современные наплавочные материалы для механизированных способов дуговой наплавки» канд. техн. наук И. А. Рябцев (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) подробно рассказал о работах института по созданию сплошных и порошковых проволок, холоднокатаных, порошковых и спеченых лент для дуговой наплавки. Большой интерес у слушателей семинара вызвала информация о разработанной в ИЭС компьютерной системе по выбору наплавочных материалов и проектированию технологий механизированной дуговой наплавки деталей в различных отраслях промышленности.



Зам. генерального директора по науке и качеству Судиславского завода сварочных материалов «РОТЕКС», д-р техн. наук З. А. Сидлин проинформировал участников семинара о разработанных в РФ электродах для ручной дуговой сварки.

В решениях семинара было выражено желание сделать его работу регулярной и в будущем расширить круг его участников. Между МУАЦ (ИЭС им. Е. О. Патона), кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» ВГТУ и ЗАО «Агромаш» (Воронеж) заключено соглашение об организации в Воронеже совместного центра по обучению специалистов сварочного производства, квалификация которых должна соответствовать международным требованиям.

Учитывая всевозрастающую роль наплавки в современном производстве, решено также наладить сотрудничество в этой области между ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» ВГТУ и заинтересованными предприятиями Центрально-Черноземного региона Украины.

● #563

Повышение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта

Научно-практический семинар

А. А. Кайдалов, докт. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона» (Киев)

25–27 апреля 2005 г. в Киеве состоялся научно-практический семинар «Повышение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта». Семинар был организован Научно-техническим комплексом «Институт электросварки им. Е. О. Патона» НАН Украины, ДК «Укртрансгаз», Ассоциацией промышленного арматуростроения Украины и Украинским информационным центром «Наука. Техника. Технология» при поддержке НАК «Нефтегаз Украины».

В семинаре приняли участие ученые и специалисты из 54 организаций и предприятий Украины и Российской Федерации (ДК «Укртрансгаз», УкрНИИгаз, ВНИПИТрансгаз, УГП «Укрхимтрансаммиак», Институт электросварки им. Е. О. Патона, Институт проблем прочности, Физико-механический институт им. Г. В. Карпенко, ЗАО ПИИ СИТ «Нефтегазстройизоляция», Ассоциация промышленного арматуростроения Украины, Научно-промышленная ассоциация арматуростроителей Российской

Федерации, Ассоциация литейщиков Украины, Ассоциация гидравликов Украины, Ассоциация производителей и строителей полимерных трубопроводов Украины, ОАО «Фирма «СЭЛМА», Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа и др., всего более 250 человек.

На семинаре обсуждались вопросы оценки технического состояния систем трубопроводного транспорта, технической диагностики и контроля качества, трубопроводной арматуры, технологий, оборудования и материалов для сварки, резки и ремонта технологического оборудования, защиты металлических трубопроводов от коррозии, распределительных газопроводов из полиэтиленовых труб, охраны труда, нормативно-технической документации. Было заслушано 52 доклада (в сборнике докладов опубликовано 73).

В период проведения семинара проводились выставки «Трубопроводный транспорт» и «Сварка. Родственные технологии».

Из докладов и их обсуждения следует, что в последние годы заметно продвинулись работы по обеспечению надежности трубопроводного транспорта (ДК «Укртрансгаз», УкрНИИгаз, УМГ «Львовтрансгаз», ПРТП «Укргазэнергосервис» и др.), разработаны добротные системы паспортизации трубопроводов (ДК «Укртрансгаз», ВНИПИТрансгаз, ООО «Центр интеллектуальных технологий»), усовершенствованы методы прогнозирования остаточного ресурса магистральных трубопроводов (Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, ДК «Укртрансгаз», Институт проблем прочности, ООО «НПО «Вектор»), появились технические решения и технологии продления ресурса трубопроводов и газотурбинных установок (ДК «Укртрансгаз», Институт электросварки им. Е. О. Патона), развиваются различные системы диагностики трубопроводов и технологического оборудования (ДК «Укртрансгаз», УМГ «Донбастрансгаз», УГП «Укрхимтрансаммиак», Институт электросварки им. Е. О. Патона, УМГ «Прикарпаттрансгаз», НПЦ «Техдиагаз», УМГ «Харьковтрансгаз», ООО НТЦ «Промтехнология», НПФ «Ультракон-Сервис»).

В Институте электросварки им. Е. О. Патона создана и внедрена ВСМ технология оценки состояния металлоконструкций, машин и систем трубопроводного транспорта, которая автоматически определяет степень опасности любых дефектов структуры материалов и базируется на 100% контроле и непрерывном мониторинге.

Различные технологии ремонта и восстановления трубопроводов и различных их систем, а также опыт применения были представлены в докладах специалистов УкрНИИгаз, Института электросварки им. Е. О. Патона, УМГ «Харьковтрансгаз», УМГ «Черкасытрансгаз», УМГ «Киевтрансгаз», ЗАО ПИИ СИТ «Нефтегазстройизоляция» и др. Отмечено, что существующие технологии и новые материалы позволяют выполнять ремонт повреждений любой сложности без остановки трубопроводов и восстановление дорогостоящих машин (газо-

турбинные установки, компрессорные станции и др.).

Технологии, оборудование и материалы для сварки, резки и очистки применительно к трубопроводному транспорту и вопросы контроля качества сварных соединений были изложены в докладах Института электросварки им. Е. О. Патона, ДК «Укртрансгаз», ОАО «Фирма «СЭЛМА», УкрНИИгаз, Национального технического университета «Киевский политехнический институт», УМГ «Харьковтрансгаз». Новые пожаровзрывобезопасные труборезы, разработанные в Институте электросварки им. Е. О. Патона, могут эффективно использоваться при ремонтно-восстановительных работах на трубопроводном транспорте (в том числе и при авариях) в полевых условиях. Новое сварочное оборудование для нефтегазопроводов, созданное в ОАО «Фирма «СЭЛМА», также успешно работает в полевых условиях.

В многочисленных докладах, посвященных трубопроводной арматуре, отмечается возрождение этой отрасли в Украине и Российской Федерации, о чем свидетельствует снижение импорта. Актуальны поднятые в докладах Ассоциации промышленного арматуростроения Украины и Научно-промышленной ассоциации арматуростроителей Российской Федерации и в дискуссиях проблемы создания антивандалной трубопроводной арматуры и борьбы с фальсификацией арматуры.

Ряд докладов (ДК «Укртрансгаз», Институт электросварки им. Е. О. Патона, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Физико-механический институт им. Г. В. Карпенко и др.) были посвящены проблемам защиты стальных трубопроводов от коррозии. Отмечена необходимость внедрения автоматизированных систем контроля и непрерывного мониторинга состояния защиты трубопроводов от коррозии.

Большой интерес у участников семинара вызвали доклады о распределительных газопроводах из полиэтиленовых труб (Ассоциация производителей и строителей полимерных трубопроводов Украины, Институт электросварки им. Е. О. Патона, НПФ «Полимерстрой»).

Проблемам совершенствования нормативно-технической документации в области трубопроводного транспорта были посвящены доклады специалистов ДК «Укртрансгаз», НТЦ «СЕПРОЗ», Центра сертификации и контроля качества строительства объектов нефтегазового комплекса, Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа. Было предложено создать на базе Института электросварки им. Е. О. Патона под руководством Госнадзорхрантруда и НАК «Нефтегаз Украины» технический комитет «Эксплуатация и ремонт магистральных трубопроводов», который выполнял бы функции по разработке и внедрению нормативной документации по эксплуатации и ремонту магистральных трубопроводов, арматуры, оборудования вместе с дочерними компаниями НАК «Нефтегаз Украины». ● #564