

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
Проекта УНР/98/006 «Обмен
технологической информацией в Украине
для поддержки экономических
преобразований» Программы Развития
Организации Объединенных Наций

Редакционная коллегия:

В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко,
Ю. Я. Грецкий, Л. Н. Горбань,
В. М. Илюшенко, В. Ф. Квасницкий,
Н. М. Кононов, П. А. Косенко,
В. Н. Липодаев, А. А. Мазур,
В. А. Метлицкий, Я. И. Микитин,
Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин,
П. П. Проценко, В. Н. Радзиевский,
И. А. Рябцев, А. М. Сливинский,
Г. М. Шеленков, А. В. Щербак,
Я. М. Юзькив

Главный редактор

К. А. Ющенко

Заместители главного редактора

Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушный

Редакционная группа:

Литературный редактор

А. Л. Берзина

Ответственный секретарь

Т. Н. Мишина

Реклама

В. А. Никитенко, Т. Н. Мишина,
Н. В. Кильчевский

Художник

В. Ю. Демченко

Компьютерный набор

А. Е. Рублева

Верстка и компьютерная обработка

Т. Д. Пашигорова

Адрес редакции

03150 Киев, ул. Горького, 62

Телефон

+380 (44) 268-3523, 227-6502

Факс

+380 (44) 227-6502

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

Вильнюс, Александр Шахов
+370 (2) 47-43-01
ПФ «Рекламос Центрас»

За достоверность информации и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции. Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Представленные материалы должны быть напечатаны с указанием авторов, адреса, телефона. Редакция сохраняет за собой право редактировать и сокращать содержание статей. Переписка с читателями только на страницах журнала. При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 04.10.2002. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Бумага офсетная №1. Гарнитура HeliosCondLight. Усл. печ. л. 5,0.

Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 04/10 от 4 октября 2002 г. Тираж 3000 экз.

Печать ООО «Людопринт Украина», 2002

01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39-41, к. 1012-1014. Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Экотехнология», «Сварщик», 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологии	3
«Сварщик» в Беларуси: к 10-летию НИКТИ	
■ Десятилетие института сварки и защитных покрытий Республики Беларусь. В. К. Шелер	6
■ Восстановление деталей машин нанесением композиционных покрытий. В. В. Хроленок, А. М. Яркович, А. С. Никитина	8
■ Специальные борсодержащие лигатуры для наплавочных материалов. Н. Ю. Борд	10
■ Выбор баз при изготовлении сварных конструкций. Б. П. Ногаев, С. П. Рагунович	12
■ О роли и значении международных стандартов в обеспечении качества сварочного производства. Н. В. Мулева	15
Производственный опыт	
■ Местная термообработка сварных соединений при строительстве морских платформ в Северном море. П. М. Корольков	16
■ Диагностика и ресурс сварных соединений паропроводов ТЭС. Часть 3. Оценка ресурса сварных соединений по структурному фактору. Ф. А. Хромченко, В. А. Лаппа, Р. Н. Калугин	38
■ Технологическая документация по сварке оборудования тепло- и энергоблоков. К. А. Ющенко, Л. В. Чеботило, А. К. Царюк, В. Д. Иваненко, Т. М. Старущенко, А. В. Кужель	40
Хроника	
■ 10-я международная выставка-конгресс «Сварка-2002»	19
■ Симферопольсельмаш-75	19
■ 55 лет Запорожскому заводу сварочных флюсов и стеклоизделий	20
Охрана труда	
■ Баланс цены и качества! А. В. Камелев	37
Технологии и оборудование	
■ Механизированная сварка порошковой проволокой — путь повышения эффективности изготовления сварных конструкций. А. Н. Алимов	42
■ Опыт изготовления литосварных конструкций из чугуна. В. А. Метлицкий	44
■ Шлифование вольфрамовых электродов	46
Вышли из печати	47
Техническая диагностика	
■ Повышение эффективности контроля локальной герметичности сварных соединений судокорпусных конструкций. В. М. Кузавков, А. Я. Розинов, В. П. Рыдловский	48
■ Термосенсорная диагностика и управление качеством соединений при контактной сварке. П. П. Архипов, А. Ф. Керемжанов, Н. Г. Ефименко, М. В. Орлов, Н. А. Варуха	50
Юбилей	
■ К 60-летию Петра Алексеевича Косенко	52
■ К 60-летию Зиновия Абрамовича Сидлина	52
Наши консультации	53

Сварщик

Інформаційно-технічний журнал

Технології
Виробництво
Сервіс



Журнал виходить 6 разів на рік
Видається з квітня 1998 р.
Передплатний індекс 22405

№ 5 (27) 2002

Свідоцтво про реєстрацію KB № 3102 від 09.03.98

Засновники:

Інститут електрозварювання
ім. Є. О. Патона НАН України,
Державне впроваджувальне
підприємство «Екотехнологія»

Видавець:

ДВП «Екотехнологія»

Видання журналу підтримують:

Товариство зварників України,
Національний технічний
університет України «КПІ»



Ukraine

Журнал видається за сприяння
Проекту УКР/98/006 «Обмін
технологічною інформацією в Україні
для підтримки економічних
перетворень» Програми Розвитку
Організації Об'єднаних Націй

Редакційна колегія:

В. М. Бернадський, Ю. К. Бондаренко,
Ю. Я. Грецький, Л. М. Горбань,
В. М. Ілюшенко, В. Ф. Квасницький,
М. М. Кононов, П. О. Косенко,
В. М. Ліподаєв, О. А. Мазур,
В. О. Метлицький, Я. І. Мікітін,
Г. В. Павленко, В. М. Проскудін,
П. П. Проценко, В. М. Радзівський,
І. О. Рябцев, А. М. Сливинський,
Г. М. Шеленков, О. В. Щербак,
Я. М. Юзьків

Головний редактор

К. А. Ющенко

Заступники головного редактора

Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушний

Редакційна група:

Літературний редактор

Г. Л. Берзіна

Відповідальний секретар

Т. М. Мішина

Реклама

В. А. Нікітенко, Т. М. Мішина,
М. В. Кільчевський

Художник

В. Ю. Демченко

Комп'ютерний набір

А. Є. Рубльова

Верстка та комп'ютерна обробка

Т. Д. Пашигорова

Адреса редакції

03150 Київ, вул. Горького, 62

Телефон

+380 (44) 268-3523, 227-6502

Факс

+380 (44) 227-6502

E-mail

welder@svitonline.com

URL

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

Представництво в Белорусі

Мінськ, Вячеслав Дмитрович Сіваков
+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

Вільнюс, Олександр Шахов
+370 (2) 47-43-01
ПФ «Рекламос Центрас»

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

Представлені матеріали повинні бути надруковані із зазначенням адреси, телефону. Редакція зберігає за собою право редагувати та скорочувати зміст статей. Листування з читачами тільки на сторінках журналу. У разі використання матеріалів у будь-якій формі посилання на «Сварщик» обов'язкове.

Підписано до друку 04.10.2002. Формат 60x84 1/8. Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура HeliosCondLight. Ум. друк. арк. 5,0. Обл.-вид. арк. 5,2. Зам. № 04/10 від 4 жовтня 2002 р. Тираж 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопринт Україна», 2002
01023 Київ, вул. Ш. Руставелі, 39-41, к. 1012-1014. Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Екотехнологія», «Сварщик», 2002

ЗМІСТ

Новини техніки та технології	3
«Сварщик» в Белорусі: до 10-річчя NIKTI	
■ Десятиріччя Інституту зварювання і захисних покриттів Республіки Беларусь. <i>В. К. Шелег</i>	6
■ Відновлення деталей машин нанесенням композиційних покриттів. <i>В. В. Хроленок, А. М. Якович, А. С. Нікітіна</i>	8
■ Спеціальні бормісткі лігатури для наплавлюваних матеріалів. <i>Н. Ю. Борд</i>	10
■ Вибір баз у виготовленні зварних конструкцій. <i>Б. П. Ногоєв, С. П. Рагунович</i>	12
■ Про роль та значення міжнародних стандартів забезпечення якості зварювального виробництва. <i>Н. В. Мулева</i>	15
Виробничий досвід	
■ Місцева термообробка зварних з'єднань у будівництві морських платформ у Північному морі. <i>П. М. Корольков</i>	16
■ Діагностика і ресурс зварних з'єднань паропроводів ТЕС. Частина 3. Оцінка ресурсу зварних з'єднань по структурному фактору. <i>Ф. А. Хромченко, В. А. Лаппа, Р. Н. Калугін</i>	38
■ Технологічна документація зі зварювання обладнання тепло- і енергоблоків. <i>К. А. Ющенко, Л. В. Чекотило, А. К. Царюк, В. Д. Іваненко, Т. М. Старуценко, А. В. Кужель</i>	40
Хроніка	
■ 10-а міжнародна виставка-конгрес «Сварка-2002».	19
■ Сімферопольськільмаш-75	19
■ 55 років Запорізькому заводу зварювальних флюсів та скловиробів	20
Охорона праці	
■ Баланс ціни та якості! <i>А. В. Камелев</i>	37
Технології та обладнання	
■ Механізоване зварювання порошковим дротом — шлях підвищення ефективності виготовлення зварних конструкцій. <i>А. М. Алімов</i>	42
■ Досвід виготовлення ливарнозварних конструкцій з чавуну. <i>В. О. Метлицький</i>	44
■ Шліфування вольфрамівих електродів	46
Вийшли з друку	47
Технічна діагностика	
■ Підвищення ефективності контролю локальної герметичності зварних з'єднань суднокорпусних конструкцій. <i>В. М. Кузавков, А. Я. Розинов, В. П. Ридловський</i>	48
■ Термосенсорна діагностика та керування якістю з'єднань у контактному зварюванні. <i>П. П. Архипов, О. Ф. Керемжанов, М. Г. Єфименко, М. В. Орлов, Н. А. Варуха</i>	50
Ювілеї	
■ До 60-річчя Петра Олексійовича Косенко	52
■ До 60-річчя Зіновія Абрамовича Сідліна	52
Наші консультації	53

CONTENTS

News in Equipment and Technology	3
«Welder» in Belarus: to 10th anniversary NIKTI	
■ Tenth anniversary of Institute of welding and protected coatings of Republic of Belarus. <i>V. K. Sheleg</i>	6
■ Renewing of machine details by deposition of composite coatings. <i>V. V. Khrolenok, A. M. Yarkovich, A. S. Nikitina</i>	8
■ Special bore content ligatures for overlaying materials. <i>N. Yu. Bord</i>	10
■ Choice of bases during production of weld constructions. <i>B. P. Nogaev, S. P. Ragunovich</i>	12
■ About role and significance of international standards in providing of quality of welding production. <i>N. V. Muleva</i>	15
Industrial Experience	
■ Local thermal treatment of welds joints during building of sea platforms in Nord Sea. <i>P. M. Korol'kov</i>	16
■ Diagnostics and resource of welds joints of vapor pipelines of TES. Part 3. Estimation of resource of welds joints on structure factor. <i>F. A. Khromchenko, V. A. Lappa, R. N. Kalugin</i>	38
■ Technological documentation for welding of equipment of thermal and energetic units. <i>K. A. Yushchenko, L. V. Chekotilo, A. K. Tsaryuk, V. D. Ivanenko, T. M. Starushchenko, A. V. Kuzhel'</i>	40
Chronics	
■ 10 th international exhibition-congress «Welding-2002»	19
■ Simferopol'sel'mash-75	19
■ 55 years of Zaporozhje's plant of weld flux and glass products	20
Job safety	
■ Balance of price and quality! <i>A. V. Kamelev</i>	37
Technologies and equipment	
■ Mechanized welding by powder wire — the way of increasing of effectiveness of production of weld constructions. <i>A. M. Alimov</i>	42
■ Experience of production of cast weld constructions from iron. <i>V. A. Metlitskiy</i>	44
■ Grinding of tungsten electrodes. <i>N. V. Skorina</i>	46
Issued	47
Technical diagnostics	
■ Increasing of effectiveness of monitoring of local tightness of welds joints of ship body constructions. <i>V. M. Kuzavkov, A. Ya. Rozinov, V. P. Rydlovskiy</i>	48
■ Thermal sensor's diagnostics and control of joints quality during contact welding. <i>P. P. Arkhipov, A. F. Keremzhanov, N. G. Yefimenko, M. V. Orlov, N. A. Varukha</i>	50
Jubilees	
■ To 60 th anniversary of Petr Alexeevich Kosenko	52
■ To 60 th anniversary of Zinovy Abramovich Sidlin	52
Our Consultations	53

Установка УПР-4011 механизированной плазменной резки

Предназначена для резки металлов толщиной от 2 до 100 мм в комплекте с машинами термической резки «Кристалл», «Гранит», «Енисей», «Пелла» и т. п.

Особенностью установки является использование микропроцессорного управления и встроенного дополнительного источника питания дежурной дуги. Оригинальная схема возбуждения дежурной дуги сводит к минимуму уровень высокочастотных помех, что повышает надежность работы машины. Специальная программа цикла процесса резки не допускает бросков тока, разрушающих сопло и электрод в момент возбуждения дуги и во время резки, а также обеспечивает отключение силовых элементов при обрыве дуги и в аварийных ситуациях. Это повышает надежность источника питания, а также увеличивает срок службы сопла и электрода в 2–2,5 раза.

Техническая характеристика:

Напряжение трехфазной питающей сети, В (Гц) 380 (50)
Напряжение холостого хода, В:

дежурной дуги 500
основной дуги 300

Сила номинального рабочего тока, А 400

Пределы регулирования силы рабочего тока, А 80–420

Сила тока дежурной дуги, А 80

Плазмообразующий газ Воздух*

Габаритные размеры, мм 870×1175×1505

Масса, кг 950

*Возможно использование кислорода

При правильной организации технологического процесса и наладке оборудования установка обеспечивает высокое качество кромок вырезанных деталей, не требующее дополнительной обработки.

■ #244

Ю. Б. Нилов,
НПФ «Спектр-плюс» (С.-Петербург)

Модернизация автономных сварочных агрегатов

При отсутствии питающей электросети для выполнения ручной дуговой сварки используют электромашинные сварочные генераторы в различных вариантах их соединения с дизельными или бензиновыми двигателями. Наиболее распространены дизель-генераторные агрегаты на прицепных шасси, а также передвижные установки, размещаемые в кузове автомобиля или трактора с отводом мощности от их двигателей.

Почти повсюду, где применяют автономные сварочные агрегаты (на строительстве и ремонте газо- и нефтепроводов, тепловых и водных сетей, на сельхозпредприятиях, при ремонте военной техники и пр.), ручная дуговая сварка сочетается с резкой, которую обеспечивает автогенная техника, и связана с необходимостью дополнительной транспортировки баллонного кислорода, а также ацетиленового генератора или пропан-бутановых баллонов.

Предлагаемая модернизация автономных сварочных агрегатов электродуговой сварки предусматривает оснащение агрегата дополнительной приставкой, позволяющей производить воздушно-плазменную резку (ВПР) взамен газокислородной (ГКР).

НПМГП «Плазмотрон» и НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» разработаны несколько исполнений приставки для ВПР под общим названием «Трасса», конструктивное и схемное решения которых зависят от типов агрегатов и видов сварочных генераторов (одно-, двух- и четырехпостовых, коллекторных, индукционных и пр.). Во всех случаях в комплект поставки входит маломощный компрессор, приводимый в действие от двигателя агрегата и осуществляющий подачу воздуха в качестве плазмообразующего и охлаждающего газа в плазменный резак. Электропитание резака обеспечивается переключением электросхемы с помощью специального переключателя.



Замена ГКР на ВПР в результате модернизации сварочных агрегатов обеспечивает следующие преимущества:

- снижение эксплуатационных расходов примерно в 10 раз за счет исключения затрат на баллоны с газом и их транспортировку; агрегат запускают на весь период выполнения ремонтных работ, и резка как процесс, сопутствующий сварке, и более кратковременный, не вызывает существенного дополнительного расхода жидкого топлива двигателя;
- сокращение времени резки за счет более высокой скорости ВПР, что немаловажно при выполнении аварийных работ, и, в свою очередь, приводит к снижению эксплуатационных расходов;
- исключение взрывоопасности, имеющей место при ГКР;
- возможность резки любых металлов (в т. ч. цветных и нержавеющей стали), а также труб, заполненных водой;
- повышение качества резки труб со снятием фасок под последующую сварку в результате применения специальных копиров.

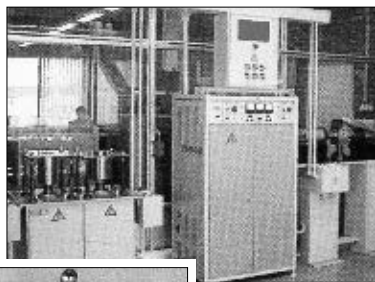
Несколько модернизированных сварочных агрегатов успешно прошли промышленные испытания и в настоящее время находятся в эксплуатации (рисунки). По расчетам предприятий, окупаемость затрат на модернизацию агрегатов не превысит 3–4 мес.

■ #245

Э. М. Эсибян, канд. техн. наук,
ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Рисунок. Модернизированный дизель-генераторный агрегат «Трасса-2»

Технология ультразвукового деформационного упрочнения деталей автомобилей, оснастки и инструмента

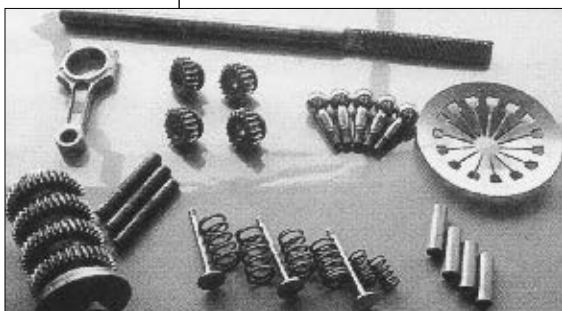


Упрочнение осуществляют за счет энергии удара об обрабатываемую поверхность стальных шариков, разгоняемых стенками волновода, колеблющимися с ультразвуковой частотой. В результате высокой частоты ударов и относительно большой энергии происходит интенсивная пластическая деформация металла, вследствие чего изменяются исходное состояние микрогеометрии и физические свойства поверхностного слоя. Поверхностный слой упрочняется, в нем наводятся остаточные напряжения сжатия.

Ультразвуковое деформационное упрочнение деталей автомобилей, оснастки и инструмента позволяет повысить усталостную и ударно-циклическую прочность в 2–5 раза, контактную выносливость, износостойкость, задрозстойкость и коррозионную стойкость — в 1,5–2 раза.

Работоспособность технологической оснастки увеличивается в 2–4 раза, а экономия дорогостоящих сталей и сплавов в 2–3 раза.

■ #246
АО «АВТОВАЗ», Тольятти (Россия)



Система автоматизированного проектирования технологических процессов сварки/наплавки и термообработки

Результатом работы системы автоматизированного проектирования (САПР) технологических процессов сварки/наплавки является *операционная карта (ОК) сборки-сварки или наплавки*, оформленная в соответствии с ЕСТД для автоматизированного проектирования. Операционная карта содержит режимы обработки, переходы, нормы основного времени и расхода сварочных материалов, оборудование, приспособления и инструмент.

Система позволяет в настоящее время разрабатывать технологические процессы для следующих операций:

- **сварки** — сплошной проволокой (ГОСТ 2246–70) под флюсом, покрытыми электродами, в углекислом газе;
- **наплавки** — сплошной проволокой (ГОСТ 2246–70) под керамическим флюсом, сплошной проволокой (ГОСТ 2246–70) под плавным флюсом, сплошной проволокой (ГОСТ 10543–79) под плавным флюсом, порошковой проволокой (ГОСТ 26101–84) под плавным флюсом, самозащитной порошковой проволокой (ГОСТ 26101–84).

В состав САПР входит *подсистема расчета и анализа остаточных деформаций* сварных конструкций. С помощью подсистемы определяют стрелу прогиба, укорочение и угол поворота конструкции, а также, изменяя конструктивные размеры деталей и их расположение, типы и расположение сварных швов, оптимизируют сварочные деформации. Конструкция может быть любой сложности и состоять из различного числа основных деталей — полок, стенок и ребер.

В САПР имеются средства расчета норм расхода сварочных и наплавочных материалов; подготавливаются *ведомости расхода материалов*.

Организационное обеспечение. Система функционирует в рамках АСУ

предприятия. База данных предприятия предоставляет САПР ТП сведения о заказах, поступивших на предприятие. АСУ предприятия использует результаты работы САПР ТП.

Математическое обеспечение. Для расчета параметров режима используют математические модели в виде систем уравнений, описывающих процессы и объекты сварки (наплавки).

Программное обеспечение. Система реализована средствами СУБД ORACLE в среде операционной системы ТГШХ; в настоящее время отдельные блоки реализуются средствами С++ Builder 5 и СУБД Interbase 6.0 для работы в среде Windows.

Информационное обеспечение. САПР ТП имеет в своем составе обширную базу данных для решения различных задач — поиска, расчета, сравнения. В базе данных системы содержится информация на следующие темы:

- химический состав и свойства керамических и плавных флюсов (ГОСТ 9087–81);
- химический состав и другие характеристики наплавленного металла при использовании сварочных проволок по ГОСТ 2246–70, наплавочных по ГОСТ 10543–82 и порошковых по ГОСТ 26101–84;
- химический состав и характеристики наплавленного металла при использовании покрытых электродов (ГОСТ 10051–75, ГОСТ 10052–75, ГОСТ 9467–75);
- химический состав, критические точки, механические свойства более 350 марок сталей;
- типы сварных соединений с размерами конструктивных элементов подготовленных кромок и размерами швов (ГОСТ 14771–76, ГОСТ 5264–80, ГОСТ 8713–79).

САПР позволяет рассчитывать режим сварки с учетом размеров сварных соединений и термического цикла, режим наплавки с учетом размеров изделия и термического цикла, нормы расхода сварочных или наплавочных материалов, а также вести автоматизированный архив технологических документов и норм расхода материалов.

■ #247

А. С. Бабкин,
Липецкий государственный
технический университет
(Липецк)

Материалы для цветной дефектоскопии «ИФХ-КОЛОР» и портативный комплект «МАГЭКС» для магнитопорошкового контроля

Метод цветной капиллярной дефектоскопии (ЦКД) находит широкое применение для контроля качества сварных соединений, выявления усталостных трещин, коррозии и других поверхностных повреждений конструкций. Контролируемые поверхности покрывают ярко окрашенной проникающей жидкостью — пенетрантом, которая заполняет полости микродефектов, затем очищают от избытка пенетранта и извлекают сорбции пенетранта из полостей микродефектов проявителем. В результате на белом фоне формируются окрашенные «следы» дефектов, регистрируемые оператором визуально.

Метод ЦКД прост, удобен, не требует специального оборудования. По чувствительности он не имеет равных среди других методов неразрушающего контроля и позволяет выявлять поверхностные микродефекты шириной более 1 мкм, что соответствует II классу чувствительности по ГОСТ 18442.

В Институте физической химии им. Л. В. Писаржевского НАН Украины разработан набор экологически чистых материалов «ИФХ-КОЛОР», отличающихся полным отсутствием токсичности. Пенетрант «ИФХ-КОЛОР» смывают водой, что позволяет выявлять дефекты на грубо обработанных поверхностях ($R_z = 30 \dots 40$ мкм). Диапазон рабочих температур от -10 °С до $+120$ °С. Расход материалов — 1 набор на $2,5$ м² контролируемой поверхности.

Набор может быть укомплектован метрологически аттестованными эталонами поверхностных дефектов.

Технология цветного капиллярного контроля включает:

- нанесение цветного пенетранта на контролируемую поверхность;
- удаление избытка пенетранта (через 5–10 мин) с помощью влажных хлопчатобумажных салфеток;
- нанесение проявителя из аэрозольной упаковки;

■ визуальное обнаружение мест дефектов по цветным «следам».

Полное время контроля не превышает 15 минут.

Пенетрант поставляют в упаковке типа «фломастер», которая позволяет снизить расход материала.

Материалы набора «ИФХ-КОЛОР» включены в Унифицированную методику контроля АЭУ (ПНАЭ Г-07-18).

Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля используют при поиске поверхностных и подповерхностных микродефектов в сварных швах, деталях и конструкциях из ферромагнитных материалов. С этой целью изделие намагничивают и покрывают магнитным порошком, который оседает на неоднородностях магнитного поля в зоне дефектов, формируя видимые «следы» дефектов. Намагничивание обычно производят с помощью электромагнитов, что затруднено, например, в полевых условиях или при повышенных требованиях к электробезопасности.

ИЭС им. Е. О. Патона совместно с ИФХ им. Л. В. Писаржевского разработали портативные намагничивающие устройства «МАГЭКС» на базе постоянных магнитов. Такие устройства просты, удобны, надежны при работе в полевых условиях. Их масса не превышает 1,5 кг. Комплекты «МАГЭКС» позволяют увеличить число выявлений поверхностных и подповерхностных несплошностей всех видов.

«МАГЭКС-1М» предназначен для контроля качества деталей сложной формы, например, крюков подъемных кранов, угловых сварных соединений и труднодоступных зон конструкций; «МАГЭКС-2» — для контроля качества длинномерных сварных соединений в конструкциях, резервуарах, трубопроводах и др.; «МАГЭКС-3» — для контроля качества сварных соединений, стенок паровых котлов и т. п. с регулированием напряженности магнитного поля от нуля до максимального значения.

Опыт применения портативных намагничивающих устройств показал возможность их успешного использования для магнитопорошковой дефектоскопии взамен электромагнитов при чувствительности контроля, соответствующей классу А по ГОСТ 2115.

■ #248

М. Л. Казакевич, канд. техн. наук,
ГП «Колоран» (Киев)

Стационарная машина К 924 для контактной стыковой сварки рельсов

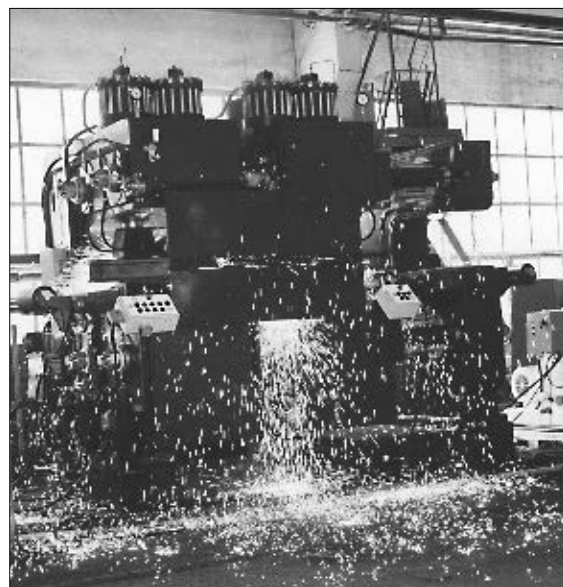
Машина К 924 предназначена для контактной стыковой сварки рельсов к железнодорожным крестовинам. Применение программирующего контроллера обеспечивает слежение за качеством выполнения сварки каждого стыка.

Технические характеристики:

Номинальное напряжение питающей сети, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный длительный вторичный ток, кА	19
Сварочный вторичный ток при ПВ=50%, А	27
Наибольший вторичный ток, кА	120
Максимальное усилие осадки, кН (кгс)	1500 (150000)
Мощность сварочная при ПВ=50%, кВА	180
Масса комплекта поставки, кг	38000
Габаритные размеры, мм:	
сварочная машина	4810×2720×3600
станция насосная	1650×1200×1490
шкаф управления	1210×630×1600

■ #249

Каховский завод электросварочного оборудования (Каховка)



Десятилетие института сварки и защитных покрытий Республики Беларусь

В. К. Шелег, д-р техн. наук, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)

Сварка является одним из ведущих технологических процессов мирового промышленного производства. Массовое применение сварки и родственных ей процессов (наплавки, пайки, резки) при создании неразъемных соединений, новых материалов, изделий и конструкций для экономики Беларуси носит межотраслевой характер. Сегодня около 50% валового национального продукта создается с использованием сварки и родственных технологий.

Экономические и политические реалии начала 90-х гг. существенно отразились на сварочном производстве республики. Экономический кризис привел к снижению объемов производства, это негативно сказалось на сварочном производстве, чье научно-техническое и материальное обеспечение осуществлялось научными и промышленными центрами других регионов бывшего СССР (в основном России и Украины). Распад СССР лишил Беларусь централизованной системы организации, управления и

обеспечения сварочного производства. Отсутствовал опыт научно-технической политики в области сварки.

После образования независимого государства Республика Беларусь для координации работ, определения и проведения политики государства в области сварки и родственных процессов Постановлением Совета Министров РБ от 8 июля 1992 г. № 418 был создан Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (НИКТИ СП с ОП). Такой шаг Правительства РБ был продиктован, с одной стороны, пониманием важности и актуальности сварочной отрасли для экономики республики, которая в силу исторических и геополитических причин была ориентирована на высокотехнологичное наукоемкое производство машин, приборов и оборудования в условиях отсутствия собственной сырьевой базы, с другой, распадом СССР, что лишило

республику поддержки ведущих научных сварочных центров в России и Украине.

За 10 лет пройден путь от «Инженерного центра защитных покрытий» НПО порошковой металлургии, на базе которого был создан институт, до головной организации в области сварки в Республике Беларусь — Государственного учреждения «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством» Белорусского государственного научно-производственного концерна порошковой металлургии (БГ НПК ПМ), входящего с марта 2002 г. в состав Национальной академии наук Беларуси.

В институте широко ведутся фундаментальные и прикладные исследования по всем направлениям сварочного производства, которые находят применение в экономике Беларуси. Отсутствие собственной сырьевой базы для производства сварочных материалов потребовало развития новых научных направлений в создании и разработке сварочных материалов, а также нетрадиционного применения опыта порошковой металлургии, заставило интенсивно использовать, где это возможно, вторичные ресурсы.

Сегодня НИКТИ СП с ОП занимается проведением фундаментальных и прикладных исследований, направленных на создание новых конкурентоспособных видов сварочной техники и материалов; подготовкой концепций и прогнозов развития сварки, дефектоскопии и защитных покрытий; методическим руководством научно-техническими программами Республики в области сварки и защитных покрытий; координацией подготовки, переподготовки и повышением квалификации, аттестацией и сертификацией рабочих и специалистов по сварке и дефектоскопии; системами качества выпускаемой сварочной продукции; созда-



нием унифицированных систем документации, стандартов и других нормативных документов в области сварки, пайки, наплавки и нанесения защитных покрытий; разработкой систем информационного обеспечения, изданием научно-технической и производственной литературы.

Основными научными направлениями в области фундаментальных исследований являются:

- сварка с пониженным тепловложением и активацией процессов плавления и переноса металла;
- создание (конструирование) новых сварочных материалов с использованием вторичных ресурсов и местного сырья;
- исследование и разработка теоретических и экспериментальных основ повышения ресурса и снижения металлоемкости сварных конструкций транспортного и сельскохозяйственного назначения;
- исследование и разработка методов диагностики состояния и ремонта сварных конструкций ответственного назначения с длительным сроком эксплуатации;
- компьютерные программы проектирования технологических процессов сварки, диагностики и контроля сварных соединений.

Тематика прикладных исследований ориентирована на разработку:

- технологий газотермического синтеза для получения легирующих компонентов, обогащения ильменита из вторичных материалов и местного сырья;
- новых марок покрытых электродов для ручной дуговой сварки общего и специального назначения;
- конструкций резаков и горелок для газопламенной и плазменной обработки материалов повышенной экологичности и экономичности;
- оборудования для сварки с пониженным тепловложением методом конденсаторной, плазменной и ультразвуковой;
- установок для получения горючих газов заменителей ацетилена, в том числе электрогазогенераторов и преобразователей природного газа;
- устройств управления процессами сварки, в том числе блоков управления сварочными полуавтоматами, ак-

тивного контроля процессами сварки, возбуждения и стабилизации дуги, ограничения напряжения холостого хода;

- технологических процессов плазменной и механизированной сварки с пониженным тепловложением на форсированных режимах высокоуглеродистых и термопрочных материалов, эмалированных трубопроводов, сварки-пайки оцинкованных листовых материалов;
- оборудования и технологии упрочнения и восстановления методами широкослойной наплавки с ультразвуковыми колебаниями, термодиффузионного насыщения, а также газопламенной дуговой металлизации и нанесения коррозионностойких тонкослойных покрытий;
- автоматизированных компьютерных комплексов по обработке рентгеногаммаграфических снимков сварных соединений, подготовке и аттестации дефектоскопистов;
- компьютерных методов по расчетам, испытаниям и проектированию сварных конструкций и технологической оснастки, а также методов диагностики и оценки остаточного ресурса;
- внедрение нормативной документации по требованиям и правилам сертификации сварочного оборудования, материалов, технологий, персонала, методов контроля и систем управления качеством сварочного производства.

Численность сотрудников института составляет 160 чел.

В аккредитованных контрольно-измерительной и контрольно-испытательной лабораториях выполняют металлографические исследования, механические испытания, химические анализы и неразрушающий контроль (гамма-рентгенографирование, ультразвуковой контроль, толщинометрия, магнитопорошковая и цветная дефектоскопия и т. д.) металлов, сварных соединений и покрытий, испытывают оборудование и продукцию сварочного производства.

В филиале №1 НИКТИ СП с ОП (г. Орша) проводят научно-исследовательские и конструкторско-технологические работы по новому для республики направлению — ультразвуковой (УЗ) сварки и резки полимеросодержащих, термопластичных материалов; разрабо-

тана гамма машин УЗ сварки и резки (более 10 наименований), осваивают их производство.

В рамках национальной системы стандартизации, метрологии и сертификации на базе института созданы и действуют:

- Орган по сертификации однородной сварочной продукции, который сертифицирует и выдает государственные сертификаты РБ на материалы, оборудование и продукцию сварочного производства;
- Орган по сертификации персонала в области сварочного производства и неразрушающего контроля, который сертифицирует персонал, проводит аттестацию сварщиков, повышает квалификацию ИТР в области сварки по национальным и Европейским нормам EN-287-1;
- Национальный технический комитет (ТК5) «Сварка и родственные процессы»;
- Консалтинговый центр, который оказывает методическую помощь предприятиям, производящим сварочную продукцию, при разработке систем качества и подготовке к сертификации в целях повышения конкурентоспособности их продукции на рынке Республики Беларусь и за рубежом. НИКТИ СП с ОП поддерживает и развивает международные научно-технические связи с научными центрами и фирмами Америки, Индии, Китая, Польши, России, Украины, поставляя по контрактам свою продукцию; выполняет работы в рамках международных проектов и грантов, состоит членом сварочных ассоциаций.

Наряду с научно-технической и исследовательской деятельностью институт активно пропагандирует новые технологии, оборудование и материалы для сварки и защитных покрытий и адаптирует их к требованиям предприятий-заказчиков.

Для широкого и успешного применения разработок в народном хозяйстве и своевременной популяризации результатов выполнения ГНТП «Сварка» и «Защита поверхностей» институт издаст, начиная с 1998 г., ежегодный республиканский межведомственный сборник научных трудов под названием «Сварка и родственные технологии». ■ #250

Восстановление деталей машин нанесением композиционных покрытий

В. В. Хроленок, канд. физ.-мат. наук, **А. М. Яркович**, канд. техн. наук, **А. С. Никитина**, инж., Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)

Экономия металла, защита его от коррозии, повышение надежности и долговечности машин являются важнейшими задачами всех отраслей промышленности, при этом первостепенное значение приобретает правильный выбор способов упрочнения, защиты от коррозии и восстановления деталей, которые должны обеспечивать экологическую чистоту производства, высокий ресурс эксплуатации деталей, быть достаточно универсальными, простыми и доступными. НИКТИ СП с ОП проводит исследования и разрабатывает технологии нанесения покрытий способами газотермического напыления и дуговой наплавки.

При наплавке покрытия образуются в процессе кристаллизации ванны жидкого металла, а необходимые физико-механические свойства обеспечиваются за счет

легирующих присадочных порошковых материалов (ППМ), вводимых в расплав.

Исследовали свойства покрытий, полученных наплавкой сварочной проволоки Св-08Г2С диаметром 0,8 мм с применением ППМ (табл. 1). ППМ №2 получен путем диффузионного борирования отходов стали Х18Н10Т.

Проведено исследование влияния параметров режима наплавки на форму наплавленного валика и размеры зеркала сварочной ванны. Исследования выполнены при наплавке с поперечными колебаниями электрода, когда ширина сварочной ванны равна ширине валика (табл. 2). Поперечное сечение наплавленных валиков имело форму равнобедренной трапеции, верхнее основание которой было меньше нижнего приблизительно на величину двух высот.

Введение ППМ изменяет размер и форму дендритных составляющих наплавленного слоя, способствует появлению карбидов, боридов и карбоборидов в структуре, что влияет на физико-механические свойства покрытия.

Структура наплавленного слоя коррелирует с его твердостью, которая составляет для наплавленного слоя с

ППМ №2 при введении в хвостовую часть сварочной ванны 41 HRC₃, в головную часть сварочной ванны — 54 HRC₃, при наплавке по слою — 50 HRC₃.

Проведенные исследования показали возможность использования ППМ №2, полученного переработкой отходов производства при дуговой наплавке плавящимся электродом в среде углекислого газа для упрочнения рабочих поверхностей.

Вторым направлением являются технологии автоматической дуговой наплавки плавящимся электродом в среде углекислого газа с одновременным охлаждением наплавленного валика потоком жидкости (АДН с ОЖ).

Жидкость, подаваемая на определенном расстоянии от дуги в плоскости наплавленного валика, создает условия охлаждения, при которых обеспечивается закалка наплавленного металла без образования дефектов (пор, раковин, трещин). В качестве охлаждающей жидкости использовали пятипроцентный раствор Na₂CO₃ в воде, который обеспечивает критическую скорость охлаждения в интервале наименьшей устойчивости аустенита для низколегированных сталей с содержанием углерода в пределах 0,1–0,4%. Качество металла, наплавленного данным методом, зависит от многих факторов: химического состава электродной проволоки и основного металла, режима наплавки, места подвода и расхода охлаждающей жидкости и т. д. При широкослойной наплавке с поперечными колебаниями электрода скорость наплавки значительно меньше, чем при наплавке на тех же режимах без колебаний, поэтому длина сварочной ванны и время существования металла в расплавленном виде значительно больше. Это способствует более полному удалению газов, растворенных в металле, и уменьшает вероятность образования пор в наплавленном слое. В то же время несколько увеличиваются глубина проплавления основного металла и зона

Таблица 1. Порошковые присадочные материалы

Номер ППМ	Состав, %	Форма и размер частиц, мкм
1	С — 0,6–0,9, Cr — 15–17, Si — 2,7–3,7, В — 2,2–3, Fe — до 5 (ПР-Н 73Х16СЗРЗ)	Сферическая, 50–200
2	Cr — 12, Ni — 6, В — 14, основа Fe	Несферическая, 160–600
3	Cr — 25, С — 2, Ni — 1,5, Cu — 0,5, основа Fe	Близкая к сферической, 630–1000

Таблица 2. Влияние режима наплавки на геометрические размеры наплавленного валика

Напряжение на дуге U _д , В	Сила сварочного тока I _{св} , А	Амплитуда колебания эл-да А, мм	Скорость наплавки V _н , мм/с	Длина хвостовой части сварочной ванны l _{св.в} , мм	Ширина наплавленного валика в, мм	Высота наплавленного валика h, мм
22,1	149	5	2,5	10	13	4,5
24,4	179	5	2,5	15	17	4
30,3	187	5	2,5	20	21	3,5
25,6	156	5	2,5	15	18	3,1
23,2	212	5	2,5	16	17,5	4,5
24,3	186	2,5	2,5	19	14	5
24,5	184	7,5	2,5	16	19,5	3,4
24,3	182	5	5	19	13,5	3
24,6	180	5	3,6	18	14	3,9
29,5	198	5	3,6	20	17	3,7
29	210	5	2,5	21	21,7	4

Примечание. Частота колебания электрода 0,62 Гц

термического влияния, уменьшается скорость охлаждения наплавленного металла. В исследованном диапазоне изменения режимов наплавки длина сварочной ванны составляла 10–25 мм.

Структура наплавленного металла при наплавке с ОЖ (рисунок) представляет собой мелкоугольчатый мартенсит, зерна которого выстраиваются вдоль линии теплоотвода. По границам зерен расположены ферритные иглы, перпендикулярные к поверхности основного металла. По глубине наплавленного слоя от основы к поверхности наблюдается увеличение размера зерна.

Результаты проведенных исследований широкоугольной (с поперечными колебаниями электрода) дуговой наплавки плавящимся электродом в среде углекислого газа с одновременным охлаждением наплавленного валика потоком жидкости были использованы для разработки технологического процесса восстановления звена гусеницы трактора Т-130. Выполняли восстановление бегущей дорожки звена, изготовленного из стали 45Г, наплавляли два валика шириной 25 мм, длиной 195 мм, толщиной до 6 мм. Наплавку производили проволоками Св-08Г2С и Нп-30ХГСА диаметром 2 мм на режимах: напряжение на дуге 20–22 В; ток сварки 190–210 А; вылет электрода 20–25 мм; расход CO_2 10–12 л/мин; скорость наплавки 2,5 мм/с; амплитуда колебаний электрода 9 мм; частота колебаний электрода 0,5 Гц; расход ОЖ 1,5 л/мин; расстояние от места подвода охлаждающей жидкости до сварочной ванны электрода — 10–12 мм, до электрода — 30–32 мм.

Наплавленные валики имели гладкую поверхность без видимых пор и трещин. Твердость поверхностного слоя наплавленного металла составляла 34–38 HRC₃ для Св-08Г2С и 46–50 HRC₃ для Нп-30ХГСА; при наплавке звена без охлаждения — 20–22 HRC₃ для Св-08Г2С и 28–32 HRC₃ для Нп-30ХГСА.

НИКИ СП с ОП совместно с ИНДМАШ разрабатывают оборудование, реализующее метод активированной дуговой металлизации (АДМ), соединивший в себе достоинства дугового и высокоскоростного газотермического напыления.

Достоинства установок:

- возможность за счет быстросъемных расплывательных головок вести процесс в двух режимах — АДМ и ЭДМ;

- легкая и быстрая замена проволок;
- высокая электро- и термозащищенность;
- отсутствие регулировок;
- свободный доступ ко всем узлам аппарата;
- простые и быстро заменяемые токосъемные элементы;
- замена подающих роликов без разборки аппарата;
- блочно-узловая сборка, обеспечивающая быстрое техобслуживание и ремонт.

Отличительной особенностью АДМ является наличие малогабаритной высокоэффективной камеры сгорания пропано-воздушной смеси, сверхзвуковая струя которой имеет на выходе скорость 1500 м/с при температуре 2200 К. Скоростной напор потока, выражающийся отношением кинетической энергии к единице объема газа и характеризующий силу, действующую на частицу в потоке, составляет для традиционной электрометаллизации около 75 кН, а для установок АДМ — 234 кН. Это дает возможность частицам расплавленного металла разогнаться в потоке до 500 м/с и формировать покрытие, имеющее прочность сцепления вдвое выше, чем при традиционной электрометаллизации и достаточное для работы в самых экстремальных условиях, в том числе и при наличии ударно-абразивного изнашивания. Использование в качестве расплывающего газа продуктов сгорания пропано-воздушной смеси позволяет значительно снизить окисление напыляемого металла и выгорание легирующих элементов. Так, при коэффициенте сгорания топлива 0,4 количество углерода в покрытии, полученном из проволок У10А и 40Х13, практически не отличается от его содержания в исходной проволоке. В то же время при равном отношении воздуха и пропана в покрытии вдвое меньше углерода, чем в исходном материале, а при распылении чистым воздухом (традиционная ЭДМ) содержание углерода уменьшается почти в три раза. Условия образования, транспортировки частиц и формирования покрытия, отличные от других методов газотермического напыления, приводят к образованию иных структур и в материале покрытия. Малое количество хрупких оксидов, значительное количество интерметаллидов, наряду с образованием закалочных структур и достаточно высокой пластичностью напы-

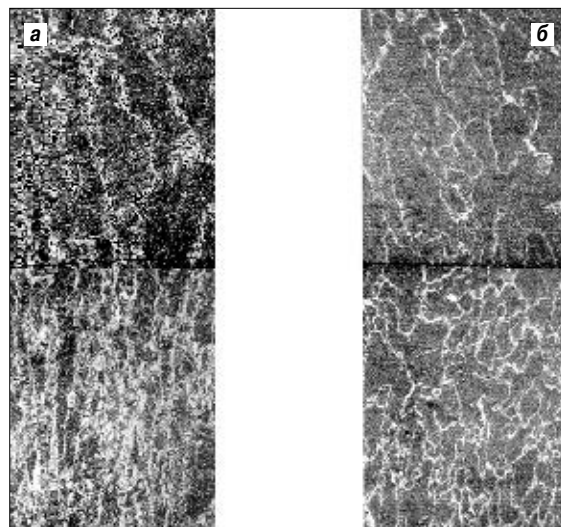


Рисунок.
Структура однослойного наплавленного металла:
а — без охлаждения;
б — с охлаждением жидкостью

ленного слоя, создают предпосылки для использования данного метода в совершенно новых областях техники. В условиях высокоскоростного напыления происходит изменение коэффициента сосредоточенности материала в струе в сторону его увеличения, поскольку угол расхождения двухфазных сверхзвуковых струй меньше, чем дозвуковых и составляет 5–7°. Как следствие, уменьшается диаметр пятна напыления, возрастает коэффициент использования материала. При АДМ он достигает 0,85 против 0,75 при традиционной металлизации. В качестве материала для напыления служит сплошная проволока из различных материалов, а также порошковая проволока. Возможна комбинация из любых двух проволок. Стальные покрытия имеют пористость от 2 до 4%, плотность покрытий из алюминиевых сплавов практически приближается к плотности литого материала. Этот фактор особенно важен при нанесении антикоррозионных покрытий, так как при этом достигается значительная экономия наносимого материала за счет снижения толщины покрытия, необходимого для закрытия сквозной пористости, и увеличивается срок службы покрытий.

Анализ структуры покрытий, напыленных по методу ЭДМ и АДМ, показал, что при активированной дуговой металлизации частицы металла покрытия в 5–6 раз меньше, чем при традиционной.

Метод АДМ снижает открытую пористость $P_{отк}$ покрытий. Анализ профилеграмм показывает уменьшение шероховатости поверхности покрытия, получен-

(Окончание на стр. 11) ►

Специальные борсодержащие лигатуры для наплавочных материалов

Н. Ю. Борд, канд. техн. наук, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)

В практике сварочного производства для повышения сопротивляемости абразивному изнашиванию на рабочие поверхности изделий наносят специальные износостойкие покрытия, состав которых определяется условиями эксплуатации механизмов и машин, т. е. воздействием абразивной среды на металл и химическим составом самого металла.

При изготовлении специальных сварочных и наплавочных материалов широко используют борсодержащие соединения на основе железа и его сплавов, а также чистый карбид бора. Введение бора способствует повышению твердости и износостойкости наплавленного металла, однако приводит к существенному снижению сопротивления ударным нагрузкам.

Эффективность применения борсодержащих лигатур определяют не только общим содержанием бора в наплавленном металле, но и наличием других легирующих элементов. Известно, что наличие в системе бора изменяет условия образования специальных карбидов, смещая соотношение металл-углерод в сторону увеличения. Последнее связано с тем, что часть атомов углерода и карбидообразующих элементов образуют соединения с бором. Кроме того, замещение бором части атомов углерода в кристаллической решетке карбидов, а также его вероятное внедрение вглубь кристаллической структуры способствует повышению твердости таких карбидов.

Легирование наплавленного металла бором из-за смещения влево эвтектической точки приводит к выделению избыточных карбидов, что повышает хрупкость наплавленного слоя. Тем не менее для материалов, работающих в условиях абразивного изнашивания и не подвергающихся ударным нагрузкам, легирование бором оказывается наиболее эффективным по сравнению с другими способами упрочнения.

Наблюдаемое в настоящее время расширение объемов производства и применения специальных наплавочных материалов делает актуальной задачу дальнейшего исследования металлических систем Fe-Me-B/C, оптимизации ныне применяемых и разработки новых составов

специальных борсодержащих лигатур на базе современных технологий. Решение такой задачи требует изучения закономерностей взаимодействия борсодержащих соединений с металлом основы при температурах сварки и наплавки.

Для прогнозирования поведения борсодержащих соединений Fe-Me-B/C при высоких температурах использовали метод сравнительной оценки величин химического потенциала и термодинамической активности бора и хрома в изучаемых лигатурах.

Установлено, что применение термодинамических методов анализа представляет большой интерес при практической оценке степени влияния химического состава борсодержащей лигатуры на ее поведение в сварочной ванне при высоких температурах. Кроме того, сравнение результатов термодинамического анализа с экспериментальными данными дает возможность оценить роль термодинамических и кинетических факторов, а также может служить основой для разработки механизма процессов фазо- и структурообразования в сложных металлургических системах.

Такой подход был применен при конструировании новых типов специальных лигатур для производства наплавочных материалов. Аналитические исследования осуществляли, применяя специализированную программу расчета термодинамических равновесий MTDATA. Расчеты выполняли применительно к борсодержащим системам B_4C , Fe-Cr-B, Fe-Cr-B-C, Fe-Cr-Ti-B, Fe-Cr-Ti-B-C. Поведение бора при температурных условиях сварочной ванны оценивали, сравнивая соответствующие расчетные величины его химического потенциала и термодинамической активности в конкретном типе лигатуры. Аналогично определяли и активность хрома в исследуемых системах.

Выбор объектов исследования объясняется следующим. В стандартных наплавочных материалах в качестве основных компонентов используют феррохром (с содержанием хрома до 60%), карбид

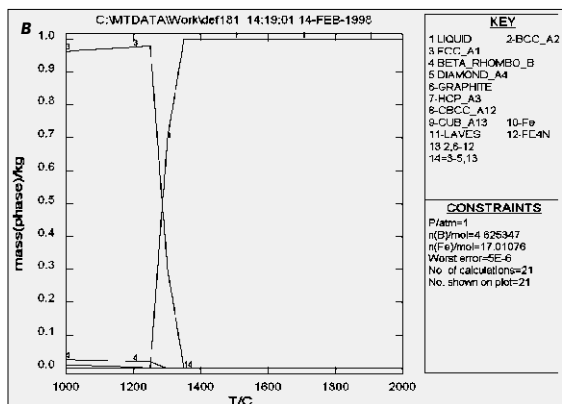
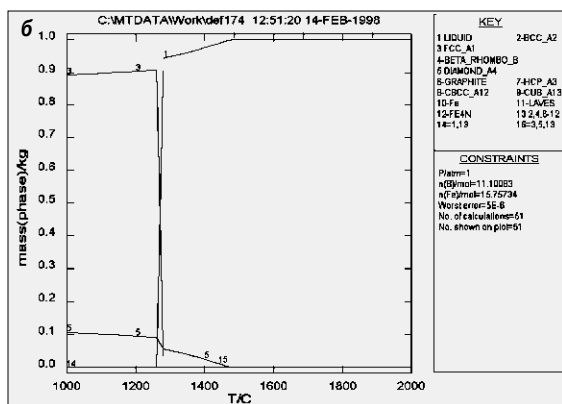
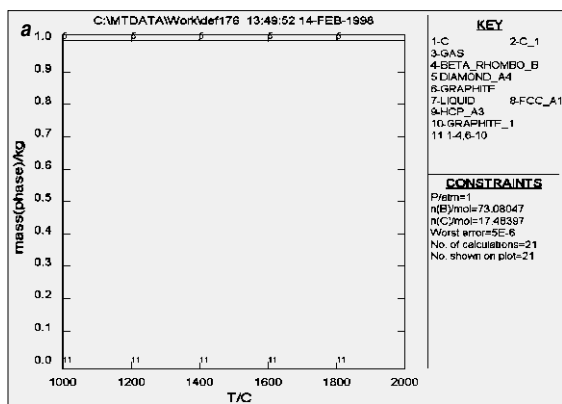


Рис. 1. Фазовые диаграммы комплексных легирующих систем: а — B_4C (79-21); б — FeB (88-12); в — FeCr (55-45) (в скобках указано соответствующее содержание элементов, мас.%)

бора и сажистый углерод. В ряде случаев карбид бора заменяют на борид железа с соответствующей корректировкой состава исходного наплавочного материала. Технологии получения комплексных лигатур с привлечением методов химико-термической обработки (ХТО) и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) позволили синтезировать комплексные лигатуры типа Fe–Me(Cr, Ti, Si, W)–B/C и использовать вторичное сырье. В определенной степени химический состав таких лигатур определяет состав исходных материалов. Представлялось целесообразным оценить поведение составных компонентов этих соединений в температурных условиях наплавки для возможного применения в сварочном производстве и сравнить с соответствующими параметрами для карбида бора.

На рис. 1 показаны некоторые расчетные фазовые диаграммы исследуемых комплексных легирующих систем в области температур формирования структуры наплавленного металла. Такие диаграммы позволяют проанализировать качественный и количественный состав системы при заданной температуре для оптимизации состава синтезируемых лигатур при конструировании сварочных материалов. Расчеты показывают, например, что в системе Fe–B (95–5 мас.%) при температурах 1273–1573 К присутствует фаза FCC A1 (B–Fe), содержание бора в которой изменяется от 1,46 до 5,92 мас.%, а также фазы BETA RHOMBO B и DIAMOND A4, содержащие разные модификации бора. В сложной системе типа Fe–Cr–Si–Ti–B (33–45–2–10–10 мас.%)

при этих же температурах присутствует фаза BCC A2 (твердый раствор Fe–Cr–Ti–Si), в которой по мере повышения температуры содержание хрома снижается от 71,9 до 40,6 мас.%, а содержание железа и титана увеличивается соответственно с 24,2 до 42,3 и с 0,34 до 11,74 мас.%, а также фазы DIAMOND A4 (Ti–C–B) и LAVES (Fe–Cr–Ti).

На рисунках 2 и 3 показано изменение активности соответственно бора и хрома для различных типов комплексных лигатур в интервале температур 1273–1873 К. Анализ полученных результатов подтверждает возможность использования комплексных лигатур Fe–Me–B при производстве сварочных материалов и замены ими чистого карбида бора. Это связано, во-первых, с тем, что в интервале температур 1273–1473 К активность бора в лигатурах не менее чем на 20% превышает его активность в карбиде бора. Указанная зависимость приобретает иной характер лишь при температурах выше 1573 К, когда в системе появляется жидкая фаза. Во-вторых, в указанном интервале температур обнаруживается повышенная активность хрома в комплексных соединениях (в том числе и в Fe–Cr–B) по сравнению с его активностью в феррохроме. Таким образом, при использовании лигатуры Fe–Cr–B достигается двойной эффект повышения активности элементов, играющих решающую роль в формировании требуемых свойств наплавленного металла. Следует также отметить, что термодинамическая активность углерода в системе B–C почти на порядок выше, чем в системе Fe–Cr–B–C. Это значит,

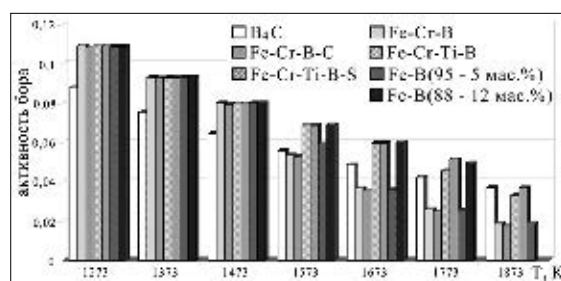


Рис. 2. Термодинамическая активность бора в комплексных лигатурах

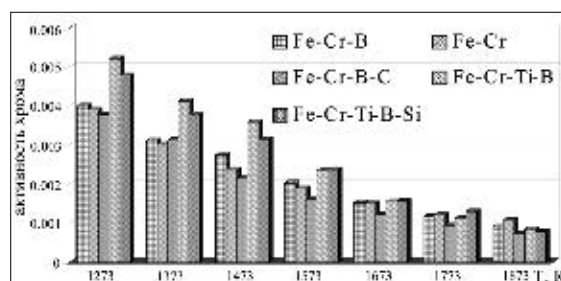


Рис. 3. Термодинамическая активность хрома в комплексных лигатурах

что в данном случае создаются более благоприятные условия для формирования карбидной структуры, способствующей обеспечению требуемых свойств наплавленного металла.

Проведенные аналитические исследования позволили рассчитать и изготовить специальные комплексные лигатуры Fe–Cr–B/C, Fe–Cr–Ti–B/C, а также сконструировать состав защитно-легирующих покрытий для специальных наплавочных электродов. В производственных условиях были изготовлены опытно-промышленные партии наплавочных электродов, позволяющих получать наплавленные слои с высокой абразивной стойкостью и поверхностной твердостью поверхности до 68 HRC. ■ #252

Восстановление деталей машин нанесением композиционных покрытий

(Окончание. Начало на стр. 9)

ного по методу АДМ. Средняя высота микровыступов поверхности стального покрытия толщиной 0,1 мм, нанесенного АДМ на дистанции 100 мм на шлифованную поверхность подложки, составляет 5–10 мкм, а по методу ЭДМ эта величина достигает 30–50 мкм и более.

Существенное снижение открытой пористости покрытия, нанесенного АДМ (например, при толщине покрытия 0,05 мм $P_{отк}$ для сравниваемых способов различается почти на порядок), неизбежно влечет за собой еще большее раз-

личие в газопроницаемости. Для ЭДМ снижение толщины покрытия менее 0,1 мм ведет к быстрому увеличению газопроницаемости. Такая же картина наблюдается и в случае АДМ, но начиная с толщины слоя 0,05 мм. Таким образом, газопроницаемость стальных покрытий, напыленных по методу АДМ, на 1–2 порядка меньше, чем по методу ЭДМ, а при толщине слоя 0,05–0,1 мм разница достигает 4–5 порядков.

Сравнительный анализ свойств покрытий показал, что пористость покрытий, полученных по методу АДМ, значительно меньше, чем покрытий, полученных по методу ЭДМ (соответственно 2–4 и 9–11%), величина же газопроницае-

мости при этом ниже в 30–40 раз, а при толщине слоя 0,05–0,1 мм разница достигает 4–5 порядков. Прочность сцепления покрытий, наносимых АДМ, выше в 1,8–2,2 раза. Это позволяет для антикоррозионной защиты наносить покрытия методом АДМ приблизительно в два раза тоньше, чем методом ЭДМ, при обеспечении тех же эксплуатационных свойств.

Снижением шероховатости подложки можно значительно уменьшить газопроницаемость покрытий, наносимых АДМ. Для этого при разработке технологического процесса необходимо выбирать методы предварительной подготовки поверхности, обеспечивающие низкую шероховатость: Rz от 5 до 10 мкм. ■ #251

Выбор баз при изготовлении сварных конструкций

Б. П. Ногаев, инж., С. П. Рагунович, канд. техн. наук, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)

Одним из важнейших разделов теоретических основ технологии машиностроения является учение о базах. Правильное назначение баз и рациональный выбор базирующих поверхностей в значительной степени определяют точность выполнения заданных размеров, конструкцию оборудования и приспособлений, производительность и экономичность процесса изготовления.

В то же время базированию и базам в сварочном производстве не уделяют должного внимания. При разработке технологических процессов зачастую не разрабатывают схемы базирования деталей при сборке под сварку, имеют место различия в толковании, применении и графическом обозначении отдельных специфических баз. В этой связи ниже изложены некоторые вопросы базирования сварных конструкций.

Основные принципы базирования сварных конструкций. В соответствии с положением теории базирования о шести степенях свободы и шести удерживающих связях, необходимых для ориентации твердого тела в пространстве, технологи в своей работе руководствуются известным правилом шести точек, из которого следует, что для полной ориентации детали в приспособлении или механизме необходимо и достаточно шесть удерживающих жестких двусторонних связей. Поэтому при конструировании приспособлений или механизмов необходимо обеспечить, кроме шести опорных точек, плотное и непрерывное соприкосновение соответствующих поверхностей деталей с опорными точками при помощи прижимов, которые и образуют двусторонние удерживающие связи. Совокупность установочной, направляющей и опорной баз образуют систему координат (комплект баз) призматической детали.

Общие понятия и основные положения теории базирования, определенные ГОСТ 21495, необходимо применять при разработке схем базирования сварных узлов. Правильное базирование обеспечивает наивысшую фактическую точность взаимного расположения деталей и вы-

полнения размеров, заданных в конструкции. Для повышения точности и надежности ориентации деталей при выборе базы в качестве установочной следует принимать поверхность с наибольшими размерами, позволяющими расположить три условные опорные точки достаточно далеко друг от друга, в качестве направляющей базы с той же целью принимают самую длинную поверхность, а опорной базой деталей может служить поверхность любых, даже самых малых размеров, при условии достаточно хорошего ее состояния и постоянства формы (отсутствие гра-та, облоя, швов, литников). Для ориентации цилиндрических деталей следует использовать двойную направляющую базу, преимущественно призмы, которые в сочетании с опорной базой лишают цилиндрическую деталь пяти степеней свободы.

Ориентацию цилиндрических деталей типа тонких дисков выполняют при помощи двойной опорной базы и т. д.

При оценке точности и выборе баз необходимо учитывать специфические особенности сварных конструкций:

- на сборочно-сварочных стендах и в приспособлениях выполняют сборку, прихватку, частичную или полную сварку деталей, т. е. неразъемные (неподвижные) соединения. Отсюда вытекает необходимость полной ориентации каждой детали в оснастке, что предопределяет сложность и большую насыщенность сборочно-сварочных приспособлений базовыми и фиксирующими элементами;
- детали из листового и профильного проката могут иметь значительные погрешности формы (волнистость, коробление, серповидность, скручивание и др.);
- ограниченная жесткость плоских или объемных деталей относительно малой толщины и значительных габаритов позволяет частично устранить погрешности формы деталей, прижимая их к базовым секциям оснастки. В отличие от жестких механооб-

рабатываемых деталей базирование элементов деталей при сборке под сварку для обеспечения требуемой геометрии и точности узла, как правило, необходимо осуществлять базовыми секциями и ложементами. Базирование нежестких деталей на точечных опорах для сборочно-сварочной оснастки не рекомендуется;

- точность взаимного расположения деталей, размеров и геометрии сварного узла определяется в основном точностью расположения упоров оснастки и плотностью прилегания к ним поверхностей деталей;
 - зазоры в сварных соединениях должны соответствовать требованиям ГОСТ и технических условий и всегда рассматриваться как самостоятельные звенья размерной цепи, что необходимо учитывать при разработке схем базирования;
 - сварочные деформации вызывают искажение размеров и формы сварной конструкции в результате нагрева деталей при сварке, продольной, поперечной усадке и угловых перемещениях затвердевающего расплавленного металла сварных швов. Перемещение деталей при сварке в случае выбора неправильной схемы базирования приводит к заземлению в оснастке прихваченного или сваренного узла. В связи с этим при выборе баз особое внимание следует обращать на возможность применения постоянных или подводимых опор и фиксаторов.
- Полная ориентация деталей, предусматривающая лишение их всех степеней свободы, требуется в основном в неподвижных соединениях деталей и узлов машин, в том числе и в сварных конструкциях. Однако следует иметь в виду, что возможность оставить детали лишнюю степень свободы упрощает установку деталей и базирование, конструкцию оборудования и приспособлений, поэтому при выборе баз для сварной конструкции нужно стремиться использовать наименьшее

число баз простейшей формы (плоскости или цилиндра), при котором может быть обеспечена требуемая точность взаимного расположения деталей в узле.

С целью упрощения базирования при конструировании сварных узлов следует предусматривать элементы взаимной фиксации деталей (выштамповки, технологические отверстия и др.) для их сборки при помощи простейшей оснастки или без нее.

Применение сложных баз необходимо при сборке под сварку кузовных узлов, однако, чем сложнее форма лежачего, тем труднее сконструировать и наладить такую систему установочных и зажимных элементов оснастки, которая сможет правильно функционировать при наличии отклонений размеров и формы деталей.

В сварной конструкции в качестве базовой принимают деталь, имеющую наибольшую поверхность или протяженность сопрягаемых кромок, относительно простую форму.

Базовая деталь, как правило, определяет положение узла в изделии, по отношению к базовой детали (узлу) фактически ориентирует другие детали и узлы сварной конструкции.

Базы деталей, составляющие сварной узел, должны соответствовать базам при сборке узла из данных деталей.

В конструкции базовой детали или узла, равно как и в любом сварном узле, необходимо стремиться к тому, чтобы конструкторские, технологические и измерительные базы совпадали.

При конструировании сварного узла из окончательно обработанных деталей конструктору и технологу следует точно определить технологию его изготовления, так как в этом случае базами для сборки под сварку должны являться конструкторские базы с целью обеспечения наиболее широких допусков на расчетные размеры.

При невозможности совмещения технологические базы должны быть связаны с конструкторскими наиболее легко контролируемые размеры, координирующими их взаимное положение.

При назначении баз для всех операций проектируемого технологического процесса руководствуются принципом единства баз, сущность которого заключается в использовании одних и тех же баз по всему технологическому процессу, не допуская смены баз без особой необходимости. Соблюдение принципа един-

ства баз в сварных конструкциях предполагает также единство баз входящих узлов и подузлов в укрупняемом сварном узле (например, рама, платформа, кабина, кузов и т. д.), а также всех входящих деталей, образующих узлы и подузлы.

В случае вынужденной смены баз необходимо изменить базы размерных цепей и выполнить пересчет размеров и допусков в сварном узле.

Простановка размеров на чертежах сварных конструкций с точки зрения базирования. При простановке размеров на чертежах сварных конструкций необходимо соблюдать принцип простановки размеров по кратчайшим размерным цепям с учетом технологических баз, используемых при сборке узла и баз деталей, составляющих данный узел. Простановку размеров, не входящих в расчетные размерные цепи сварного узла, следует осуществлять преимущественно от установочной (технологической) базы.

В большинстве случаев базами для сборки сварных узлов служат поверхности и кромки деталей, поэтому и размеры, определяющие взаимное положение деталей, следует проставлять до плоскости или кромки, за исключением деталей, имеющих форму тел вращения, в которых за одну из баз целесообразно принимать ось симметрии.

Размеры, определяющие взаимное расположение деталей, необходимо проставлять от одной базы, особенно в случае, когда суммарные отклонения допусков на установочные размеры превышают допустимые или если узел после сварки подлежит механической обработке.

При простановке размеров в сварных конструкциях, подлежащих механической обработке, следует учитывать целесообразность использования в качестве базовых необрабатываемые поверхности.

При сборке укрупняемой сварной конструкции из отдельных узлов установочные размеры, определяющие их взаимное расположение, необходимо проставлять от баз входящих узлов. На чертеже укрупняемой сварной конструкции повторять установочные размеры, по которым производили сборку входящих узлов, можно лишь в качестве справочных.

Правильное базирование деталей при сборке сварных конструкций определяет наивысшую точность взаимного расположения элементов и узла в целом,

Таблица 1. Точность базирования деталей при сборке под сварку

Характер установки	Точность установки деталей и узлов
Механически обработанные детали по механически обработанным упорам оснастки	$\pm 0,5$ мм
Детали после прессовой или термической резки по обработанным упорам	$\pm 1,0$ мм
Необработанные детали по необработанным упорам (из проката и т. д.)	$\pm 2,0$ мм
Сборка под сварку по разметке	Квалитеты 16–17
Установка фиксирующих и опорных элементов сборочно-сварочной оснастки при наладке и выверке	Квалитеты 5–12

однако всегда необходимо помнить, что для сборки под сварку, как и для других способов обработки, наиболее технологичными являются максимальные допуски, позволяющие производить сборку без подгонки из деталей невысокой точности при помощи компенсаторов и простейших приспособлений.

Необоснованное ужесточение допусков требует создания в деталях точных установочных баз и применения сложного дорогостоящего специального оснащения заготовительных и сборочно-сварочных операций, поэтому при конструировании сварных узлов и разработке технологии их изготовления нужно иметь в виду следующее:

- точность сварной конструкции на два класса ниже точности составляющих деталей за счет погрешностей базирования, точности оснастки, зазоров в местах сварки и сварочных деформаций;
- точность сварных узлов, изготовленных из деталей с механически необработанными кромками (штамповки из листовой стали толщиной более 5 мм, детали из листового, сортового и профильного проката, изготовленные на комбинированных и пресс-ножницах и т. д.) находится в пределах 16–17 квалитетов. Если узел собирается из деталей с механически обработанными кромками, его точность в зависимости от конструкции может быть назначена в пределах 14–15 квалитетов;
- при определении допусков на установочные размеры до 30 мм необходимо учитывать фактическую погрешность установки деталей по табл. 1, практически допуски на эти размеры назначают, как правило, в пределах ± 1 мм.

Выбор баз при изготовлении сварных конструкций

На рисунке приведены схемы базирования при сборке под сварку. Варианты *а* и *б* показывают, какое большое значение имеет правильный выбор конструктором баз размерных цепей и точности установочных размеров. В случае *а* размеры 20 ± 2 и 230 ± 2 , заданные от торца основания кронштейна, обеспечивают сборку узла в простейшем приспособлении с прижимом только базовой детали. В случае *б* изменение базы размеров и более жесткие допуски на установку ребер требуют подводимых заблокированных опор и прижима ребер.

Условные графические обозначения опор и зажимов, наиболее часто встречающиеся в практике технолога-сварщика, и примеры выполнения схем базирования деталей при сборке под сварку, приведены в табл. 2 и 3.

■ #253

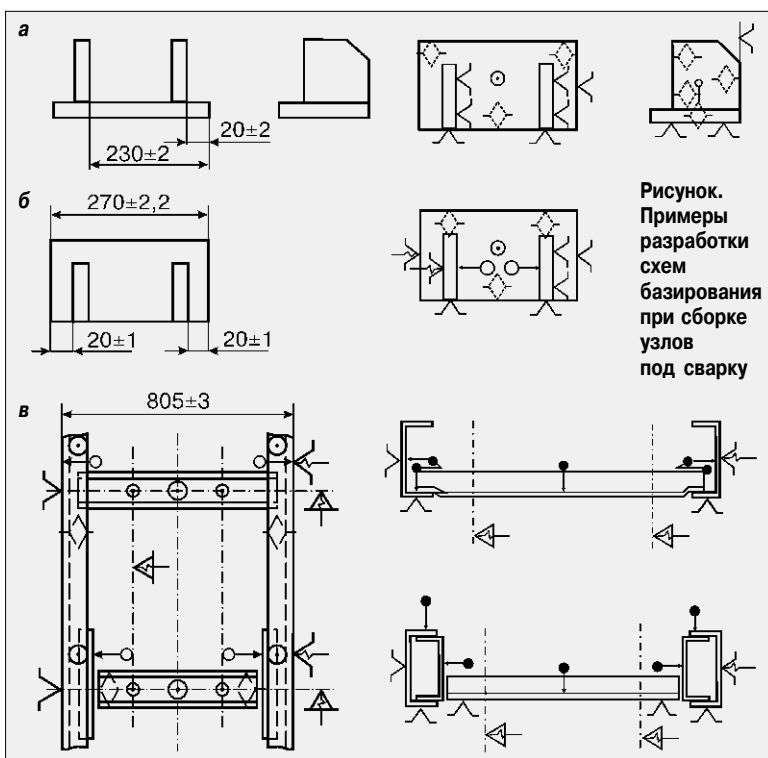


Рисунок. Примеры разработки схем базирования при сборке узлов под сварку

Таблица 2. Условные обозначения опор и зажимов

Наименование	Обозначение	
	вид спереди	вид сверху
Центры упорные гладкие, опоры, ложементы неподвижные		
Опоры неподвижные съемные		
Опоры плавающие		
Опоры подводимые одиночные, центры плавающие		
Опоры призматического типа неподвижные		
Опоры призматического типа подвижные		
Штыри, пальцы, фиксаторы неподвижные одиночные		
Штыри, пальцы, фиксаторы подводимые одиночные		
Патроны кулачковые, цанговые, оправки разжимные		
Оправка цилиндрическая		
Оправка коническая		
Зажим одиночный (механический)		
Зажим заблокированный двойной (механический)		
Зажим пневматический		
Зажим гидравлический		
Зажим магнитный и электромагнитный		

Таблица 3. Примеры выполнения схем базирования деталей

Описание способа установки	Теоретическая схема базирования
Установка детали по плоскости основания и двум боковым сторонам	
Установка детали в приспособление по плоскости и двум отверстиям (на неподвижных фиксаторах)	
Установка цилиндрической детали на призме	
Установка цилиндрического диска в двойной опорной базе (с зазором по контуру)	
Установка цилиндрического диска в самоцентрирующемся патроне, разжимной оправке с опорой на плоскость	
Установка втулки на цилиндрической оправке (с зазором), на неподвижном фиксаторе с упором в торец	
То же на подвижном фиксаторе (с зазором)	
Установка втулки на разжимной оправке с упором в торец	

О роли и значении международных стандартов в обеспечении качества сварочного производства

Н. В. Мулева, канд. техн. наук, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)

Стандарты являются инструментом нормативно-технического регулирования промышленным производством. В связи с необходимостью интеграции экономики Беларуси в мировую экономическую систему в республике проводят работы по созданию нормативной базы сварочного производства, актуализированной и гармонизированной с международными нормами.

Сейчас государственная система стандартизации претерпевает существенные изменения, связанные как с объективными причинами, обусловленными переустройством государства, так и с процессами присоединения республики к Всемирной торговой организации. Особенностью и главным пунктом новой концепции стандартизации является расширение масштабов прямого применения международных стандартов или гармонизация в рамках общеевропейских директив показателей и требований государственных стандартов РБ с международными, региональными и прогрессивными стандартами других стран. Таким образом, функция стандартов как мощного стратегического потенциала экономики осталась неизменной, однако технический уровень и качество подде-

жащей к выпуску продукции сориентированы на западный образец.

Для выхода сварной продукции, производимой в РБ, на мировой и европейские рынки и обеспечения конкурентоспособности при ее производстве следует соблюдать требования международных и европейских стандартов. Поэтому государственная политика стандартизации в области сварочного производства в РБ строится на принципе внедрения международных стандартов ИСО, ЕН, межгосударственных ГОСТов, что, помимо признания сварной продукции на международном и европейском рынках, обеспечивает наименьшие затраты на разработку стандартов.

До последнего времени оценку сварных соединений и конструкций в зависимости от их назначения, степени подчиненности проводили в каждой отрасли по своим нормативным документам (ГОСТ, ОСТ, Правила и т.п.), что предопределяло большой объем документов и в тоже время не могло служить гарантией качества отечественной продукции на международных и европейских рынках.

Применение международных стандартов для национальных версий требу-

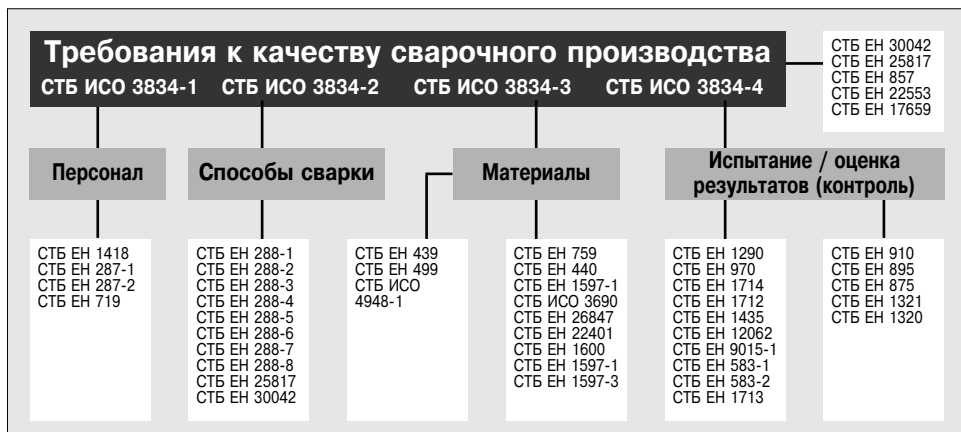
ет анализа зарубежной нормативной документации с целью отбора ее для перевода в СТБ. Критерием отбора и оценки международных стандартов по сварочному производству взято качество.

Современная нормативная база по сварочному производству, сформированная с учетом новой концепции стандартизации, состоит из 286 международных стандартов и проектов стандартов, разработанных Международным комитетом по стандартизации «Сварка и родственные технологии» (ИСО/ТК44) и отечественной нормативной документации в количестве 177 единиц, включая ГОСТы, технические условия и СТБ, разработанные НИКТИ СП с ОП.

Программа подготовки и внедрения первоочередных стандартов РБ, актуализированных и гармонизированных с международными нормами, составляет 63 международных и европейских организационно-методических и общетехнических стандарта, регламентирующих требования к персоналу, к качеству сварки, сварочным материалам, контролю и испытаниям сварных соединений и представляющих собой упорядоченную систему (рисунок).

Содержащими всеобщие организационно-методические и общетехнические нормативы качества сварочного производства, являются «Требования к качеству. Сварка плавлением». Выполнение требований СТБ ИСО 3834 служит основанием для сертификации процесса сварочного производства, рассматриваемой в международной практике как обязательное доказательство качества ответственных сварных конструкций или предварительную ступень в создании

Рисунок.
Схема национальных версий международных стандартов (СТБ ЕН, СТБ ИСО) по сварочному производству



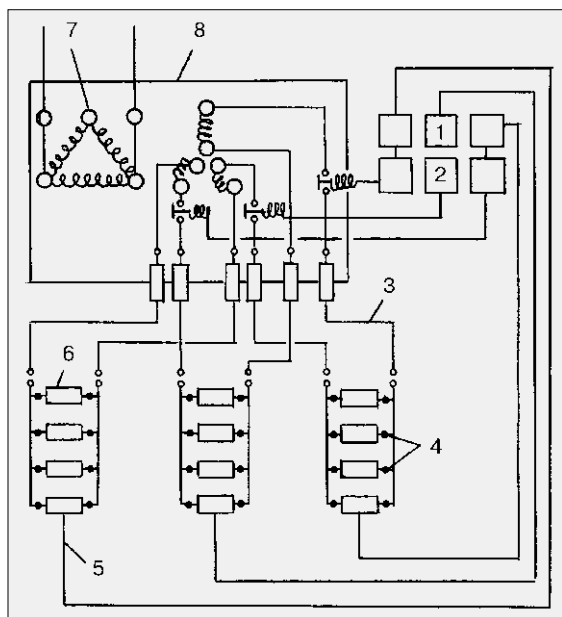
(Окончание на стр. 18) ►

Местная термообработка сварных соединений при строительстве морских платформ в Северном море

П. М. Корольков, ОАО «ВНИИМонтажспецстрой» (Москва)

Экстремальные условия работы морских платформ для добычи нефти и газа в Северном море (перепады температуры, высота волн, глубина воды, низкая температура и т. п.) требуют использования при их строительстве толстолистового металла (листов, труб, фасонного материала), при этом максимальная толщина металла должна быть 150 мм. К металлу морских платформ предъявляют высокие требования по прочности, усталостной выносливости, хладостойкости, ударной вязкости, определяемых сложностью и ответственностью различных узлов конструкций.

Рис. 1. Электрическая схема электронагревательной системы (источник питания—параллельно соединяемые электронагреватели): 1 — регулятор температуры; 2 — регуляторы с процентной шкалой; 3 — электрические провода; 4 — провода для параллельного соединения электронагревателей; 5 — термоэлектрический преобразователь (термопара); 6 — четыре параллельно соединенных электронагревателя (27 кВт, 60 В); 7 — трехфазное питание (415 В, 60 А); 8 — источник питания (трансформатор 48 кВ·А)



Наиболее ответственные узлы (сваи, опоры палуб, трубчатые соединения или крестообразные соединения) изготавливают из высокопрочной низколегированной стали по Британскому стандарту BS 4360 с минимальным пределом текучести 311 МПа. Для менее ответственных узлов (палубные стингеры, сваи в зонах низких напряжений, наибольшие элементы жесткости и др.) применяют более мягкие стали с минимальным пределом текучести 225 МПа. В связи с тяжелыми условиями монтажа и эксплуатации в сварных соединениях возникает риск водородного растрескивания зоны термического влияния (ЗТВ) и хрупкого разрушения сварных соединений. Для ускорения процесса эвакуации водорода из сварного соединения конструкций с толщиной более 25 мм применяют подогрев для сварки до 100–150 °С. Радиальным средством повышения работоспособности сварных конструкций является термическая обработка по режиму высокого отпуска с целью улучшения структуры металла и снижения уровня сварочных напряжений. В результате научно-исследовательских работ, проведенных в Англии, было установлено, что обязательной термообработке подлежат сварные соединения конструкций с толщиной стенки более 50 мм, расположенные выше переменной ватерлинии, и с толщиной стенки более 60 мм — для расположенных ниже ватерлинии.

Температура T термообработки — 550–620 °С (в зависимости от марки стали), при этом в период выдержки разрешаются отклонения в пределах ± 20 °С. Время выдержки подсчитывают, исходя из величины 2,5 мин/мм толщины стенки термообрабатываемой конструкции, но не менее 1 ч, скорость нагрева допускается до 200 °С/ч, скорость охлаждения — до 300 °С/ч.

Полную объемную термообработку сварных конструкций предпочтительно проводить в стационарных термических печах (с газовым или электрическим обогревом). Однако во многих случаях размеры конструкций не позволяют помещать их в такие печи, поэтому допускается применение местной термообработки, которая также является единственно возможной для монтажных сварных соединений.

Для местной термообработки разработаны специальные технологические требования, заключающиеся, в частности, в определении величины зоны нагрева (зоны, которая в процессе термообработки подвергается непосредственному нагреву).

Согласно Британскому стандарту BS 5500, величина такой зоны

$$V_{p-n} = 5\sqrt{r \cdot S},$$

где r — внутренний радиус конструкции, мм; S — толщина стенки, мм.

Однако правилами установлена также полоса нагрева, равная 300 мм с каждой стороны сварного шва, с полной изоляцией участка, прилегающего к зоне нагрева с каждой стороны, равного 300 мм. При этом необходимо также рассматривать величину зоны равномерного нагрева V_{p-n} , т. е. зоны, которая в процессе выдержки постоянно находится в пределах требуемой температуры, например, 560 ± 20 °С. Обычно зона равномерного нагрева V_{p-n} равна половине зоны полного нагрева, т. е. $V_{p-n} \approx 0,5 V_{p-n}$.

Высокие требования к качеству сварных конструкций платформ требуют разработки надежных технических средств, в том числе оборудования, и технологий подогрева для сварки и местной термообработки сварных соединений. При этом следует учесть недостатки полной термообработки в стационарных термических печах, заключающиеся в невозможности получения равномерного нагрева свар-

ных конструкций, которые состоят из элементов с различными толщинами стенок, например трубных конструкций с внутренними кольцами жесткости.

Основные средства подогрева для сварки — электронагреватели сопротивления. Наиболее применяемыми являются электронагреватели типа SHTF, известные в нашей стране как «поверхностные». Для нужд подогрева такие электронагреватели изготавливают стандартных размеров с такими электрическими характеристиками: мощность 2,7 кВт, напряжение 60 В. Секции SHTF можно быстро соединить между собой, либо крепить с помощью магнитных захватов. В качестве теплоизоляции используют прессованное керамическое волокно толщиной 25 мм с гибким покрытием из тонкого нержавеющей листа. Электронагреватели получают питание от специальных трансформаторов для подогрева (термообработки) мощностью 40–48 кВт.

К таким трансформаторам параллельно подключают 3–4 канала нагрева, в каждом из которых находятся по 4–5 электронагревателей (рис. 1). Благодаря тому, что каналы нагрева имеют автономное регулирование, обеспечивается получение равномерного подогрева свариваемого шва длиной до 7 м на конструкции, состоящей из элементов с различными толщинами стенок (получаемая равномерность нагрева составляет +15 °С). Для выполнения быстрой сборки распределительные кабели и кабели для параллельного соединения оснащены соединителями поворотного типа, которые позволяют на свариваемых швах диаметром 3 м за 1–2 ч производить полную сборку и включение электрической схемы нагрева. Время подогрева t для сварки зависит от толщины свариваемого металла (рис. 2, а). Диаграмма расхода электроэнергии при термообработке приведена на рис. 2, б.

Для конструкций из труб диаметром менее 1200 мм были созданы специальные электронагревательные блоки, имеющие размеры, равные окружности труб и устанавливаемые на трубы по обе стороны от свариваемого шва. Такой подогрев выполняют для сварных швов при изготовлении трубчатых свай и на монтаже между узловыми короткими стойками и трубчатыми распорными деталями.

Широкое применение до сих пор имеет газопламенный подогрев. Для его осу-

ществления используют различные средства, например устройства с открытым пламенем, газовые горелки или резаки для резки металла. При этом во многих случаях не регистрируют температуру с помощью автоматических потенциометров, ограничиваются использованием контактных термодпар, термоиндикаторных карандашей или радиационных пирометров.

При использовании газовых горелок (трубы с открытым концом), в которые воздух поступает из атмосферы, в результате принудительной подачи горючего газа (обычно пропан–бутана) тепловые потери составляют 30–40% от полных тепловых затрат.

Для проведения предварительного подогрева для сварки разработаны газопламенные установки поверхностного нагрева с учетом необходимой гибкости конструкций. Керамическое волокно, обладающее внутренней эластичностью, оказалось идеальным материалом для создания основания лицевой поверхности горелки. Материал способен к деформации, принимает форму горелки почти любой конфигурации. Пропан или природный газ вводят в горелки через самоуплотняющиеся соединения. При прохождении через инжектор газ засасывает воздух, и они смешиваются в трубе, соединяющей инжектор с корпусом горелки. Горение происходит по всей лицевой поверхности, которая нагревается до 1000 °С. Горение поддерживается панелями из пористого керамического волокна, из которых состоит горячая лицевая поверхность. Теплоотдача к объекту нагрева осуществляется главным образом путем радиации от горячей поверхности, установленной на расстоянии 50–75 мм от нагретой детали. При размещении установки на поверхности свариваемой конструкции теплопередача составляет 40–60%. Тепло, попадающее в окружающую среду, создает для сварщика значительные трудности, поэтому применение установок поверхностного нагрева ограничивают двумя случаями:

- тепло подают с противоположной от сварки стороне конструкции;
 - подогрев производят для трубного элемента, вращающегося в соответствии с технологией автоматической сварки.
- Установки поверхностного нагрева дают возможность автоматического регулирования температуры подогрева до 400 °С в пределах ± 20 °С.

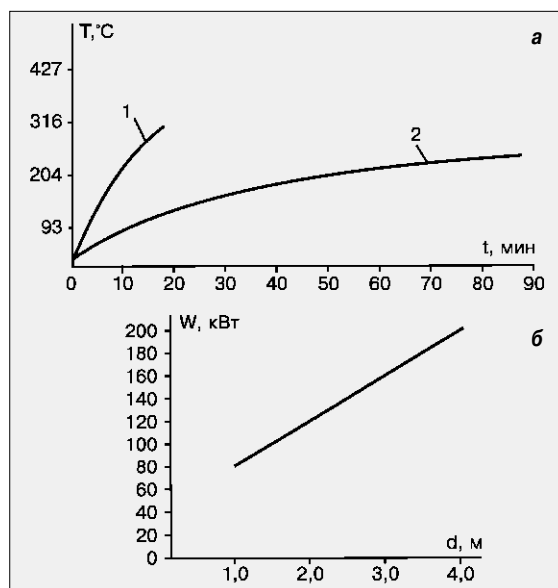


Рис. 2. Диаграммы проведения подогрева для сварки и термообработки сварных соединений: а — подогрев для сварки (1 — толщина металла 25 мм; 2 — то же, 50 мм; б — расход электроэнергии W при термообработке трубных элементов различных диаметров d при толщине стенки 50 мм

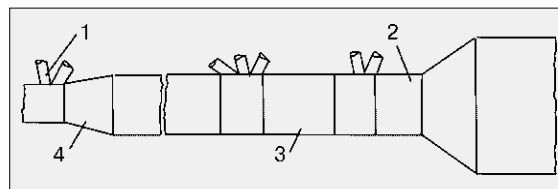


Рис. 3. Расположение завершающих сварных швов между трубчатыми и узловыми секциями: 1 — узловы секции; 2 — завершающие сварные швы; 3 — трубчатая опора (между узлами); 4 — конусные секции

Сравнивая способы газопламенного и электрического подогрева, предпочтнее следует отдать электрическим, как более универсальным, обеспечивающим равномерный нагрев, точный контроль температуры и удобства для сварщиков, особенно в части соблюдения правил безопасности работ. Кроме того, применение устройств газопламенного нагрева затруднительно при проведении сварки внутри конструкций и в труднодоступных местах.

Местную термообработку выполняют при монтаже сварных соединений или для конструкций, которые не могут быть помещены в стационарные печи (в связи с большими размерами и т. п.). Толщина стенок коротких стоек узла или отрезков увеличивается по конусу до толщины трубчатой секции, поэтому термообработку следует проводить в высоконапряженных зонах с толстостенными трубами, например 50 мм (на рис. 3 показано соединение узла с главной колонной опоры). Диаметры сварных швов при этом изменяются от 1 до 4 м.

Местная термообработка сварных соединений при строительстве морских платформ в Северном море

Выбор способа термообработки зависит от возможности доступа к сварным соединениям: если электронагреватели можно установить снаружи или внутри сварного соединения, предпочитают второй способ. Его чаще применяют в процессе предварительной сборки конструкций диаметром выше 1,3 м. При диаметрах менее 1,3 м используют способ с установкой электронагревателей снаружи сварных соединений. На внешнюю поверхность сварного соединения по окружности устанавливают группу электронагревателей типа SHTF с плоскими керамическими изоляторами. Для сварного соединения диаметром 1 м требуется 14 секций таких электронагревателей размером 300×200 мм с единичными электрическими параметрами 3 кВт, 60 В, при этом общая мощность составляет 42 кВт. Сверху электронагреватели накрывают теплоизоляционными матами из керамического волокна длиной до 2 м. Питание электронагревателей по нескольким каналам нагрева, как правило, осуществляют установки для термообработки с программным управлением, в состав которых входит трансформатор с выходным напряжением 80 В.

В некоторых случаях допускается последовательное соединение секций электронагревателей и подключение непосредственно к трехфазной электрической цепи напряжением 415 В.

Термообработку с внутренним нагревом выполняют при помощи установки спиральных нагревательных элементов, заключенных в керамические гильзы, и помещенных в жесткие швеллеры из нержавеющей стали. Внутри трубного узла с каждой стороны от сварного шва устанавливают изолированные переборки; электронагреватели опираются на стальные швеллеры на высоте одной трети от дна (рис. 4). Каждый электронагреватель имеет размер 350×750 мм и мощность 13 кВт при напряжении 240 В.

Температуру при термообработке контролируют с помощью термоэлектрических преобразователей (термопар) типа К (ХА), рабочие концы которых приваривают к сварному соединению конденсаторной сваркой или в виде горячего спая закрепляют с помощью приварных бобышек. Дополнительные термопары устанавливают для определения градиента температуры на концах зоны равномерного нагрева с каждой стороны сварного шва, равной $v_{нн} = 2,5\sqrt{t \cdot S}$ мм.

На практике возникают осложнения из-за внутренних колец жесткости, которые обычно имеют меньшую толщину стенки, чем трубный элемент. В этих случаях необходимо определять допустимую разницу температуры при нагреве или проводить зональный нагрев с балансирующим расходом тепла для получения более равномерного нагрева.

На размер участков нагрева при тер-

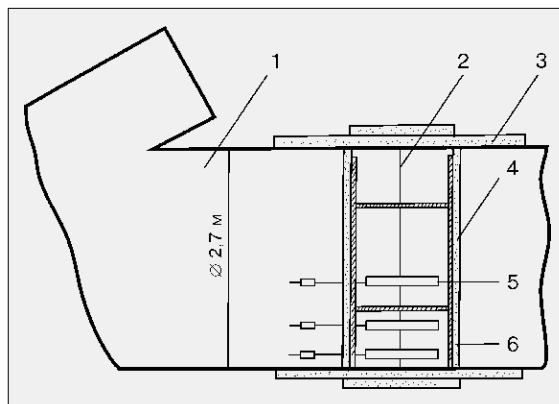


Рис. 4. Общий вид узла из труб при внутренней термообработке:
1 — узел из труб; 2 — сварной шов; 3 — внешняя теплоизоляция; 4 — теплоизоляционная перегородка; 5 — четырехрядные электронагревательные элементы; 6 — металлоконструкции переборки

мообработке может оказывать дополнительное влияние расположенные вблизи сварного шва другие трубчатые ответвления на угловом соединении. В этом случае с целью уменьшения термических напряжений размер нагреваемой зоны может быть увеличен для включения в нее этих элементов или к ответвлениям может быть подан дополнительный нагрев для компенсации результирующего градиента температуры.

При строительстве морских платформ часть работ по подогреву для сварки и термообработки сварных соединений трубных узлов необходимо проводить под водой.

При строительстве морских платформ на территории СНГ также проводят местную термообработку монтажных сварных соединений. На Бакинском заводе глубоководных оснований монтажные стыки расчетных элементов подвергают местной термообработке, используя гибкие пальцевые электронагреватели типа ГЭН, по технологии, разработанной ОАО «ВНИИмонтажспецстрой». ■ #255

О роли и значении международных стандартов в обеспечении качества сварочного производства

(Окончание.
 Начало
 на стр. 15)

системы качества по ИСО 9000. Серия стандартов на персонал определяет строго нормированное выполнение отдельных видов сварочной деятельности, предопределяющих качество сварной продукции. Так, СТБ ЕН 1418 устанавливает требования к квалификации операторов сварки плавлением и наладчиков установок контактной сварки полностью механизированных и автоматических процессов, а СТБ ЕН 287 (2 части) — требова-

ния к проведению квалификационных испытаний сварщиков сталей и алюминиевых сплавов. Функции персонала надзора за сварочной деятельностью предприятия определяет стандарт СТБ ЕН 719. Для решения и регулирования всего комплекса вопросов по аттестации персонала сварочного производства, связанных с существующими негативными условиями и эксплуатацией морально устаревшего оборудования, в настоящее время действует СТБ 1063. Разработаны также стандарты СТБ ЕН 288 (8 частей), предъявляющих требования к испытанию и оценке технологических процессов дуговой сварки, где к качест-

ву сварных соединений, изготавливаемых на различных производствах и для различных случаев применения, должны предъявляться одинаковые требования (с использованием одних и тех же критериев оценки). Выполнение требований СТБ ЕН 25817 и СТБ ЕН 30042 является гарантией качества сварных соединений из стали и алюминия.

Таким образом, на сегодняшний день известны и преобразованы в национальные версии стандартизированные требования к качеству сварки, охватывающие все аспекты процесса сварочного производства и влияющие на качество готовой продукции. ■ #254

Диагностика и ресурс сварных соединений паропроводов ТЭС

Часть 3. Оценка ресурса сварных соединений по структурному фактору

Ф. А. Хромченко, д-р техн. наук, В. А. Лаппа, Р. Н. Калугин, АООТ «ВТИ» (Москва)

При комплексном подходе в оценке ресурса сварных соединений паропроводов в последнее время, помимо расчетного способа, приоритетное значение приобрел металлографический анализ реплик (МАР), характеризующийся высокой достоверностью. В основе метода МАР, разработанного АООТ «ВТИ», лежит оперативный контроль дефектности металла в наиболее опасных участках. Известно, что типичные повреждения сварных соединений паропроводов, длительно эксплуатирующихся в условиях ползучести, преимущественно развиваются с наружной стороны по разупрочненной прослойке металла зоны термического влияния. Это позволяет достаточно уверенно намечать опасные участки сварных соединений и обследовать их с помощью металлографического анализа реплик.

При таком контроле проводят операции, включающие подготовку механическим способом (шлифовкой, полировкой) и травлением (4%-м раствором азотной кислоты в этиловом спирте) участка обследования от 10×10 до 20×30 и 20×40 мм, получение реплики-оттиска с контролируемого участка (лаковой или ацетатной пленочной реплики) и металлографический анализ реплики с помощью оптической микроскопии при увеличении 500, 800 или 1000. Метод МАР отличается хорошей маневренностью (практически любое сварное соединение может быть подвергнуто такому контролю), возможностью применения на любой ТЭС (лаборатории металлов и контроля, как правило, оснащены оптическими микроскопами), высокой достовер-

ностью в оценке степени истощения ресурса сварных соединений.

Металлографический анализ реплик позволяет судить о повреждениях микроструктуры — оценить плотность пор и размер трещин, определить категорию повреждения микроструктуры (КПМ) на стадиях I_n–V_n и истощение ресурса сварного соединения t_ч/t_p, где t_ч — длительность наработки, t_p — предельный ресурс (табл. 1). На основе полученных результатов оценивают категорию опасности (КО) в диапазоне значений от 1 до 7 (рисунок) с граничными условиями: КО=1 (высокая надежность) и КО=7 (низкая надежность, соответствующая стадии разрушения). Остаточный ресурс сварных соединений t_{о,р} по структурному фактору определяют по уравнению t_{о,р} = t_p - t_ч, где t_p — ресурс, определенный из установленного истощения t_ч/t_p, при известной наработке t_ч.

В зависимости от полученных значений КО и t_{о,р} принимают решения об усилении эксплуатационного контроля, необходимости проведения ремонта или замене сварных соединений (табл. 2).

В новом отраслевом руководящем документе металлографический анализ реплик введен как обязательный для 10% сварных соединений с повышенной

Таблица 1. Взаимосвязь поврежденности микроструктуры металла с истощением ресурса t_ч/t_p сварных соединений из стали 12Х1МФ и 15Х1М1Ф в условиях ползучести

Характеристика поврежденности микроструктуры	Плотность пор и размер трещин, мм	Категория поврежденности микроструктуры (КПМ)		t _ч /t _p для соединений из стали	
		Стадия	Этапы стадии	12Х1МФ	15Х1М1Ф
Поры отсутствуют, микроповрежденности не выявляется при увеличении до 1000	—	I _n	—	≤0,5	≤0,6
Единичные поры размером 1–2 мкм по границам зерен	≤ 100	II _n	—	0,5–0,61	0,6–0,68
Единичные поры размером в осн. 2–3 мкм (до 4–5 мкм) по границам зерен	≤ 250	III _n	III. 1п	0,61–0,7	0,68–0,75
	<1000		III. 2п	0,7–0,76	0,75–0,80
	>1000		III. 3п	0,76–0,82	0,80–0,85
Цепочки пор и слившиеся поры, скопления пор по границам зерен. Отдельные микротрещины длиной до 5–15 мкм по границам зерен	Цепочки мелких пор размером 1–2 мкм	IV _n	IV. 1п	0,82–0,87	0,85–0,89
	Цепочки мелких пор размером 2–3 мкм, слившиеся поры и/или скопления пор, микротрещины		IV. 2п	0,87–0,92	0,89–0,93
Трещины в сочетании с цепочками пор и слившимися порами по границам зерен	Микротрещины длиной до 500–1000 мкм	V _n	V. 1п	0,92–0,96	0,93–0,97
	Макротрещины длиной 1–5 мм и более		V. 2п	0,96–1,0	0,97–1,0

Примечание. Плотность пор оценена по уравнению $\rho = (N/F_{\phi})x^2$, где N — число пор; F_φ — площадь фотографии, мм², x — увеличение микроскопа.

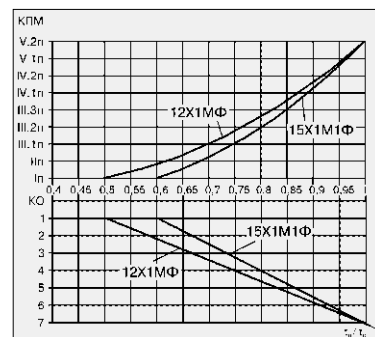


Рисунок. Комплексная взаимосвязь микроповреждений металла с истощением ресурса и категорией опасности сварных соединений паропроводов из стали 12Х1МФ и 15Х1М1Ф для условий ползучести

концентрацией напряжений (стыковых соединений разнотолщинных трубных элементов труб, тройниковых сварных соединений). В зарубежной теплоэнергетике для сварных соединений паропроводов объем применения этого метода контроля достигает 50–100%, и задачи продления ресурса соединений решают по фактическому структурному состоянию металла — микроповрежденности.

Проведенное АООТ «ВТИ» на отдельных отечественных ТЭС обследование с помощью метода MAP позволило установить ресурс сварных соединений коллекторов и паропроводов котлов, выявить наиболее опасные сварные детали и рекомендовать меры по повышению работоспособности сварных соединений с целью продления их срока службы (ремонт, улучшение конструкции, улучшение условий эксплуатации, а также корректировка объемов проводимого контроля и его периодичности).

Примером могут служить результаты металлографического анализа реплик (и микрообразцов — срезов металла) сварных соединений паропровода свежего пара на энергоблоке мощностью 300 МВт ст. №5 Костромской ГРЭС после наработки 185 тыс. ч (табл. 3). Это позволило установить фактический для каждого соединения остаточный ресурс, находившийся в основном в пределах 14–87 тыс. ч и доходивший в отдельных случаях до 124 тыс. ч в зависимости от типоразмера сварных соединений и расположения их на трассе паропровода.

Для сравнения в табл. 4 приведены результаты определения остаточного ресурса $t_{o,p}$ и КО структурными и расчетными способами. Из полученных данных следует, что структурный способ позволил дифференцированно оценить остаточный ресурс в зависимости от типоразмера и свойств сварных соединений, а также условий их эксплуатации. В противоположность этому расчетный способ дал одинаковые результаты для каждого типоразмера. Это особенно заметно для тройниковых сварных соединений 325×60/245×45 мм из стали 15Х1М1Ф, остаточный ресурс которых, полученный расчетным способом, оказался полностью исчерпанным, что вызывает сомнение при сравнении с результатами структурных исследований фактического состояния металла, имеющими большую достоверность по сравнению с данными расчетного способа. ■ #257

Таблица 2. Данные для принятия решений об объеме и периодичности эксплуатационного контроля и необходимости проведения ремонта или замены сварных соединений

КО	Максимальная продолжительность эксплуатации до следующего контроля, тыс. ч		Необходимость ремонта сварного соединения	Метод контроля
	ССС	ССС _{ртз} , ТСС, ШСС		
1–2	50	50	По РД 10.262–98	а, б, в
2,1–3	40–50	20–25	—	а, б, в, г, д
3,1–4	15–20	10–15	Может быть назначен ремонт	б, в
4,1–4,75	10–15	7–10	Обязателен ремонт	б, в
4,76–5,35	7–8	7–8	То же	б, в
5,36–5,95	7–8	7–8	« «	б, в
5,96–6,52	5–7	5–7	« «	
6,53–7	3–4	3–4	Немедленный ремонт или переварка сварных соединений, или замена сварной детали	б, в

Примечания. 1. СССР — стыковое сварное соединение паропроводных труб; СССР_{ртз} — стыковое сварное соединение разнотолщинных трубных элементов; ТСС — тройниковое сварное соединение; ШСС — штуцерное сварное соединение. 2. а — ультразвуковой контроль (УЗК); б — магнитопорошковая дефектоскопия (МПД или вихретоковый контроль ВТК); в — металлографический анализ реплик (МАР); г — измерение твердости (ТВ); д — ультразвуковая толщинометрия (УЗТ).

Таблица 3. Результаты металлографического анализа зон сварных соединений паропровода свежего пара котла

Тип сварного соединения	Диаметр трубы и толщина стенки, мм	Сталь	КПМ ЗТВ _{рп}	t_H/t_p	КО	$t_{o,p}$, тыс. ч
ССС	325×60	15Х1М1Ф	Іп	≤ 0,6	1	124
			ІІп	0,68	2,1	87
ССС _{ртз}	426×90/325×60	15Х1М1Ф	ІV.1п	0,89	5,5	22,8
			ІІІ.1п	0,75	3,1	62
	325×60+Ду200	15Х1М1Ф	Іп	≤ 0,6	1	124
			15Х1М1ФЛ			
ТСС	325×60/245×45	15Х1М1Ф	Іп	≤ 0,6	1	124
			ІІп	0,68	2,1	87
			ІІІ.2п	0,80	4,0	46,2
			ІV.2п	0,93	6,1	14

Примечание. 1. Нарботка $t_H = 185071$ ч при $t_{cp} = 546,64$ °С, $p_{cp} = 22,512$ МПа. 2. Исследованию подвергали основной металл, металл шва и разупрочненную прослойку зоны термического влияния (ЗТВ_{рп}). Повреждения металла выявлены только в этой зоне.

Таблица 4. Сравнительные значения $t_{o,p}$ и КО, определенные расчетными и структурными способами для сварных соединений паропроводов свежего пара котла

Тип сварного соединения	Диаметр и толщина стенки трубопроводных элементов, мм	Сталь	$t_{o,p}$, тыс. ч, определенный по способу		КО, определенная по способу	
			расчетному	структурному	расчетному	структурному
ССС	325×60	15Х1М1Ф	215	124	1,0	1,0
			215	87	1,0	2,1
ССС _{ртз}	426×90	15Х1М1Ф	—	62	—	3,1
			325×60	—	23	—
	325×60+Ду200	15Х1М1Ф	—	—	—	—
			15Х1М1ФЛ	50	124	1,37
ТСС	325×60	15Х1М1Ф	0	124	7,0	1,0
			0	87	7,0	2,1
			0	46	7,0	4,0
			0	14	7,0	6,1

Технологическая документация по сварке оборудования тепло- и энергоблоков

К. А. Ющенко, чл.-корр. НАН Украины, **Л. В. Чекотило**, **А. К. Царюк**, кандидаты техн. наук, **В. Д. Иваненко**, инж., **Т. М. Старущенко**, **А. В. Кужель**, кандидаты техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, **Ю. А. Лысов**, инж., АО «Энергомонтажпроект», **Н. В. Кравченко**, **В. И. Ульянов**, **В. А. Гордиенко**, инженеры, АК «Киевэнерго»

Тепловая энергетика является крупной отраслью в Украине. Тепловые электростанции и тепловые электроцентрали страны производят порядка 67% электроэнергии. Предприятия тепловой энергетики вырабатывают около 90% пара и горячей воды для предприятий и бытовых нужд населения. Тепло- и энергоблоки тепловых электростанций (ТЭС), теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) и теплоцентралей (ТЦ) различного уровня и назначения эксплуатируют при давлениях до 14–15 МПа (140–150 кгс/см²), температурах до 545° С. В связи с этим их относят к категории повышенной опасности. Энергоблоки большой единичной мощности можно эксплуатировать при более высоких давлениях (вплоть до 25,5 МПа).

Практически все теплотехническое оборудование ТЭС, ТЭЦ, ТЦ и значительная часть вспомогательного должны отвечать требованиям государственных нормативных документов, обеспечивающих безаварийную работу оборудования и безопасность обслуживающего персонала: ДНАОП 0.00–1.11–98, ДНАОП 0.00–1.08–94, ДНАОП 0.00–1.07–94, СН и П 3.05.03–85, СН и П 3.03.01–87, ДНАОП 0.00–1.20–98, СН и П 3.05.02–88, ПД 34.03.101–96, СН и П 3.05.05–84, СН и П 2.04.07–86 и ряд ГОСТов, ОСТов, ДСТУ и др.

Оборудование тепло- и энергоблоков изготавливают из углеродистых сталей типа Ст3 всех модификаций, качественных углеродистых сталей перлитного класса типа 10, 20, теплоустойчивых Cr–Mo, Cr–Mo–V сталей перлитного класса 12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, высоколегированных хромистых типа 12Х11В2МФ, аустенитных хромоникелевых 12Х18Н12Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т.

В энергоблоках ТЭС до 15% трубопроводов от общего объема оборудования изготовлены из указанных типов сталей. Сварка трубопроводов диаметром до 800 мм, когда подварка корня

сва изнутри трубы невозможна, связана, как известно, с определенными трудностями. Сварку трубопроводов и другого технологического оборудования из углеродистых сталей с содержанием углерода выше 0,18% и теплоустойчивых Cr–Mo и Cr–Mo–V перлитных сталей производят с подогревом и последующим регламентированным по температуре и времени охлаждением стыков. При минусовых температурах сварку выполняют с подогревом, независимо от марки стали. Тщательное соблюдение рекомендуемых режимов охлаждения и термической обработки сварных соединений дает возможность во многих случаях избежать аварийных ситуаций.

При ремонте сварных соединений энергетического оборудования, укрупнении в блоки (узлы), монтаже в большинстве случаев предусматривают устранение тех повреждений, которые входят в перечень типовых, поэтому их выполняют в соответствии с разработанными рекомендациями.

Сложным элементом сварочной технологии является контроль качества сварных соединений. Требования к качеству выполнения сварочных работ на всех этапах строительства новых тепло- и энергоблоков, реконструкции и ремонта в ходе эксплуатации весьма высоки. Это обусловлено тем, что даже небольшие аварийные ситуации приводят к неполной выработке тепла и(или) электроэнергии и ощутимым убыткам у производителей и потребителей.

При выполнении подготовительных работ к сварке деталей и узлов оборудования и элементов трубопроводов, их термообработке, контролю качества специалисты должны учитывать требования указанных выше государственных нормативных документов, а также единственного нормативно-технического и

производственно-технологического руководящего документа РД 34 15.027–89 (РТМ–1с–89)* «Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций».

Требования в этих документах изложены в общем виде, пользоваться ими, особенно в аварийных ситуациях, сложно. Ряд важных нормативных и технологических требований при выполнении сварочных работ на всех этапах не учитывают и не выполняют.

В связи с этим Институтом электросварки им. Е. О. Патона в содружестве со специалистами ОАО «Энергомонтажпроект» и АК «Киевэнерго» разработан комплект технологической документации по сварке конкретных марок стали, термообработке и контролю качества сварных соединений тепло- и энергоблоков мощностью до 300 МВт** ТЭС, ТЭЦ, ТЦ (отопительных котелен, энергоцехов и др.), тепловых и распределительных сетей, газопроводов. Комплект документации (таблица) включает двадцать восемь Технологических инструкций (ТИ) с технологическими картами и четыре Операционные карты (ОК). Технологическая документация разработана с учетом требований ДСТУ 3951.2–2000 (ISO 9956.2–1995). В каждой технологической инструкции оговорены назначение и область ее применения, условия производства данного объема сварочных работ, квалификация сварщиков, дефектоскопистов и ИТР, основные материалы, подлежащие сварке, используе-

* В России документ РД 34 15.027–89 утратил силу. Вместо него принят документ РД 153.–34.1–003–01 (РТМ–1с).

** В Украине на ТЭС эксплуатируют 104 энергоблока, из них 96 блоков мощностью по 150, 200, 250 и 300 МВт и 8 блоков по 800 МВт.

мые сварочные материалы и оборудова-ние, подготовка кромок и сборка стыков под сварку, все методы, условия и режи-мы сварки, применительно к изготовле-нию или ремонту данного узла (трубо-проводов, коллекторов, ответвлений, газопроводов и др.), оборудование и режимы термической обработки (ТО) сварных соединений (если ТО применя-ется), оборудование и методы контроля качества и исправления дефектов свар-ных соединений.

В операционных картах указывают перечень операций контроля технологи-ческого процесса сварки со ссылкой на документы, по которым выполняется контроль. Операционные карты испол-зуют работники служб контроля и ИТР совместно с ТИ на сварку контролируе-мого узла и указаниями, содержащими-ся в чертежах. Они облегчают условия работы руководителей и работников ИТР по контролю за качеством выполнения сварочных работ. Во всех ТИ и ОК даны рекомендации по охране труда.

Разработанный комплект технологи-ческой документации подвергнут экс-пертизе, согласован с Государственным департаментом Госнадзорохрантруда Украины; ТИ и ОК введены в действие с 2000–2001 гг.

Применение созданной технологи-ческой документации даст возмож-ность повысить уровень подготовки и выполнения сварочных работ, квалифи-кацию, технологическую дисциплину и ответственность работников (рабочих и ИТР), занятых изготовлением, монтажом и ремонтом оборудования тепло- и энергоблоков, избежать ошибок в раз-работке технологий и в результате обеспечить высокое качество и эксплу-атационную надежность оборудования ТЭС, ТЭЦ, ТЦ, отопительных котелен, тепловых и распределительных сетей, станционных и пристанционных газо-проводов и др.

Специалисты ИЭС (в случае необхо-димости) могут произвести адресную доработку указанных ТИ и ОК примени-тельно к конкретным тепло- и энерго-блокам потребителя и провести соответ-ствующее согласование с органами Гос-надзорохрантруда Украины.

Разработанную документацию при-меняет АК «Киевэнерго» при строи-тельстве энергоблока №3 мощностью 300 МВт на ТЭЦ-6 в Киеве. ■ #258

Таблица. Комплект ТИ и ОК по сварке, термообработке и контролю качества сварных соединений технологического оборудования ТЭС, ТЭЦ, ТЦ, отопительных котелен, тепловых и распределительных сетей, газопроводов

Индекс, ТИ, ОК	Наименование групп и название ТИ и ОК	Примечание
<i>I. Подготовка производства и повышение квалификации работников по сборке, сварке и контролю качества сварных соединений</i>		
009	Инструкция по аттестации рабочих мест сварщиков, дефектоскопистов, слесарей-сборщиков	—
023	Технология изготовления подкладных колец	—
025	ТИ по поддуву аргона внутрь трубы при сварке трубопроводов энергоблоков	С техкартами
011	ТИ по предварительному контролю сварочных материалов и защитных газов	—
<i>II. Сварка трубопроводов и технологического оборудования</i>		
001	ТИ по ручной дуговой сварке станционных трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей тепло- и энергоблоков	С техкартами
002	ТИ по ручной дуговой сварке станционных трубопроводов из теплоустойчивых сталей перлитного класса тепло- и энергоблоков	С техкартами
003	ТИ на ручную аргонодуговую и комбинированную сварку труб тепло- и энергоблоков диаметром от 20 до 100 мм из сталей перлитного класса	С техкартами
004	ТИ на сварку газопроводов от ГРП до котла и магистральных трубопроводов	С техкартами
005	ТИ на сварку трубопроводов из сталей аустенитного класса для энергоблоков	С техкартами
006	ТИ по сварке трубопроводов из разнородных сталей энергоблоков	С техкартами
007	ТИ по сварке ответвлений штуцером из сталей энергоблоков	С техкартами
012	Технологическая инструкция по ручной дуговой сварке трубопроводов пара и горячей воды (III и IV категории) и в пределах котла	С техкартами
013	ТИ по ручной дуговой сварке и контролю сварных соединений трубопроводов горячего промперегрева из низколегированных теплоустойчивых сталей перлитного класса на тепло- и энергоблоках	С техкартами
014	ТИ по сварке и контролю качества сварных соединений опор, подвесок с трубопроводами	С техкартами
015	ТИ по сварке ответвлений штуцером из стали перлитного класса	С техкартами
018	Технологическая инструкция по ручной дуговой сварке трубопроводов тепломагистралей диаметром от 76 до 1020 мм и распределительных сетей	С техкартами
020	ТИ на сварку несущих и ограждающих металлоконструкций тепло- и энергоблоков	С техкартами
022	ТИ на сварку трубопроводов на подкладном кольце	С техкартами
026	ТИ на сварку листовых конструкций при изготовлении и монтаже крупногабаритных резервуаров (баков)	С техкартами
028	ТИ по сварке стыков трубопроводов маслосистем и паромазутопроводов	С техкартами
029	ТИ на сварку при изготовлении секторных отводов	С техкартами
<i>III. Ремонт элементов оборудования и сварных соединений</i>		
008	ТИ по ремонту блоков трубопроводов после транспортировки и перегрузки	С техкартами
017	ТИ по устранению дефектов в сварных соединениях трубопроводов	С техкартами
019	ТИ по ремонту паропроводов среднего и высокого давления по типовым повреждениям в процессе эксплуатации	С техкартами
021	ТИ по ремонту трубных систем паровых и водогрейных котлов	С техкартами
<i>IV. Оборудование и технология подогрева и термической обработки сварных соединений</i>		
027	ТИ по подогреву стыков при сварке и термообработке сварных соединений*	
<i>V. Контроль сварочных материалов, защитных газов и сварных соединений</i>		
011	ТИ по предварительному контролю сварочных материалов и защитных газов	—
016	ТИ на радиографический контроль сварных соединений ответвлений штуцером трубопроводов	С техкартами
024	ТИ по предварительному контролю и контролю в процессе сварки	
<i>VI. Операционный контроль техпроцесса сварки и термической обработки сварных соединений</i>		
010	ОК технологического процесса сварки трубопроводов из сталей перлитного класса	—
030	ОК технологического процесса сварки трубопроводов из сталей аустенитного класса	—
031	ОК технологического процесса сварки трубопроводов из разнородных сталей	—
032	ОК технологического процесса термообработки при сварке трубопроводов энергоблоков	—
* Рассматривается совместно с инструкциями: 001, 002, 003, 005, 007, 008, 012, 013, 015, 017, 018, 019, 021, 022, 026, 028, 029.		

Механизированная сварка порошковой проволокой – путь повышения эффективности изготовления сварных конструкций

А. Н. Алимов, инж., ООО «АРКСЭЛ» (Донецк)

Производители металлоконструкций всегда стоят перед проблемой выбора сварочных материалов, способных обеспечить требуемое качество металла шва и сварного соединения при максимальной производительности сварки.

Сегодня на отечественных заводах для механизированной сварки в среде защитных газов применяют, в основном, сварочную проволоку сплошного сечения марок Св-08Г2С, Св-08ГС. Одним из достоинств сварочной проволоки является ее сравнительно низкая цена. Однако при изготовлении конструкций ответственного назначения производственники затрачивают столько людских ресурсов и средств на зачистку швов и околшовной зоны, доводку формы шва и его поверхности, отвечающих требованиям технической документации, что это достоинство проволоки становится ее недостатком. Часто проволоки типа Св-08Г2С не обеспечивают требуемую пластичность и ударную вязкость металла шва.

Необходимость применения других видов сварочных материалов, а это,

прежде всего, должна быть порошковая проволока, особенно остро ощущают производители сварных конструкций, выполняющие зарубежные заказы. В этом случае предъявляют требования не только к надежности конструкции, но и к внешнему виду сварных швов и эффективности (стоимости) изготовления.

На многих крупных заводах-производителях металлоконструкций, где основным способом сварки является механизированная в среде защитных газов, и большой объем применения сплошной проволоки, основными причинами ограниченного использования порошковой проволоки является не столько изношенность сварочного оборудования или недостаточное количество специализированных подающих механизмов, сколько недооценка технологических и экономических преимуществ применения порошковой проволоки.

Учитывая тенденции развития механизированной сварки, возрастающие требования производителей сварных конструкций к сварочным материалам для ме-

ханизированной сварки. ООО «АРКСЭЛ» создало современные производственные мощности для изготовления порошковой проволоки*, разработало и освоило производство нового поколения порошковых проволок ПП-АС2, ПП-АС4, ПП-АС10.

Порошковая проволока ПП-АС4 (ПГ 44-А2Г по ГОСТ 26271, Т422RCM3Н10 по EN 758) рутилового типа предназначена для сварки на вертикальной плоскости в нижнем и горизонтальном положениях низкоуглеродистых и низколегированных сталей в среде углекислого газа и смеси газов (Ar+CO₂). Проволока обеспечивает мягкое стабильное горение дуги, мелкокапельный перенос и минимальное разбрызгивание электродного металла, отличное формирование шва. Тонкая шлаковая корка легко удаляется с поверхности шва, в том числе и при сварке в узкий зазор. Поверхность шва гладкая, блестящая, аналогичная поверхности швов при сварке под флюсом. Применение проволоки ПП-АС4 особенно эффективно при сварке протяженных швов на форсированных режимах при изготовлении крупногабаритных сварных конструкций.

Порошковая проволока ПП-АС2 (ПГ 39-А0Г по ГОСТ 26271, Т420СМ3Н10 по EN 758) с металлопорошковым сердечником предназначена для сварки во всех пространственных положениях низкоуглеродистых и низколегированных сталей в среде углекислого газа и смеси газов (Ar+CO₂). Проволока обладает хорошими сварочно-технологическими свойствами в широком диапазоне режимов сварки, чем выгодно отличается от проволок сплошного сечения. Допускается сварка многослойных швов без удаления шлака с промежуточных слоев. Поверхность швов ровная, мелкочешуйчатая.

Таблица 1. Типичный химический состав наплавленного металла

Проволока	Химический состав наплавленного металла, % (мас.)				
	Углерод, не более	Марганец	Кремний	Сера, не более	Фосфор, не более
ПП-АС2	0,08	1,00-1,40	0,35-0,55	0,025	0,025
ПП-АС4	0,08	0,90-1,30	0,40-0,60	0,025	0,025
ПП-АС10	0,08	1,30-1,60	0,40-0,60	0,015	0,020

Таблица 2. Механические свойства металла шва

Проволока	Предел текучести, МПа, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %, не менее	Ударная вязкость KCV, при +20 °С, Дж/см ² , не менее	Температура испытаний, при которой ударная вязкость KCV не менее 47 Дж/см ² , °С
ПП-АС2	420	500-600	22	80	-20
ПП-АС4	440	520-650	20	80	-20
ПП-АС10	490	580-720	20	80	-20

* См. «Сварщик», № 4, 2002.

Таблица 3. Эффективность применения порошковой проволоки взамен проволоки сплошного сечения Св-08Г2С при сварке стыкового соединения толщиной 20 мм

Параметры	Формула	ПП-АС2	ПП-АС4	ПП-АС10	Св-08Г2С	Св-08Г2С
Диаметр (Ø), мм	—	1,6	1,6	1,2	1,2	1,6
Производственные затраты (Зп), грн/ч	—	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Напряжение дуги (U), В	—	30	30	27	23	27
Сварочный ток (I), А	—	350	360	260	180	300
Количество расплавляемой проволоки (Р), кг/ч	—	4,8	4,9	3,3	2,2	3,1
Продолжительность работы (ПР), ч	—	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Стоимость проволоки (К), грн/кг	—	5,8	6,0	7,0	3,1	2,6
Стоимость защитного газа (Гс), грн/л	—	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Коэффициент расхода проволоки (Кр)	—	1,15	1,20	1,20	1,10	1,10
Расход газа (Гр), л/мин	—	18	16,0	13	15	18
Расход газа на 1 кг шва (Гш), л/кг	$G_{ш}=60 \times G_{р} / P \times ПР$	321,4	279,8	337,6	584,4	497,7
Масса 1 м сварного шва (М), кг/м	$M=V \times 7,85$	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
Стоимость 1 кВт/ч электроэнергии (Эк), грн/кВт	—	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Расход электроэнергии на 1 кг шва (Эр), кВт	$\text{Эр}=I \times U \times ПР / 1000 \times P$	1,53	1,54	1,49	1,32	1,83
Стоимость газа на 1 кг шва (Эг), грн/кг	$\text{Эг}=G_{с} \times G_{ш}$	7,71	6,72	6,75	11,69	11,94
Стоимость присадочных материалов на 1 кг шва (Эп), грн/кг	$\text{Эп}=K \times K_{р}$	6,67	7,20	8,40	2,86	3,41
Производственные затраты на 1 кг шва (Зш), грн/кг	$\text{Зш}=\text{Зп} / P \times ПР$	5,36	5,25	7,79	8,29	11,69
Затраты электроэнергии на 1 кг шва (Эз), грн/кг	$\text{Эз}=\text{Эр} \times \text{Эк}$	0,21	0,22	0,21	0,18	0,26
Общие затраты на 1 кг шва (Зобщ), грн/кг	$\text{Зобщ}=\text{Зш}+\text{Эп}+\text{Эг}+\text{Эз}$	19,96	19,38	23,15	26,97	23,36
Затраты на сварку 1 м шва, грн/м	$\text{Зобщ} \times P$	48,89	47,48	56,73	66,08	57,22

Порошковая проволока ПП-АС10 (ПГ 44-А2У по ГОСТ 26271, Т462RСМ1Н5 по EN 758) рутилового типа предназначена для сварки во всех пространственных положениях низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Проволока обеспечивает стабильное горение дуги, малое разбрызгивание электродного металла, отличное формирование шва. Шлак легко удаляется. Рекомендуется для сварки металлоконструкций как в условиях цеха, так и на монтаже, возможна сварка сталей класса А-Е, АН, ДН, ЕН в судостроении и судоремонте.

Порошковые проволоки изготавливают диаметром 1,2-2,0 мм. Поставку осуществляют в катушках массой 12,5-14 и 3,5-4 кг, упакованных в полимерную пленку и картонные коробки. Перед намоткой на катушки поверхность проволок подвергают дополнительной обработке для обеспечения хорошей подаваемости по направляющим каналам сварочного оборудования.

Типичный химический состав наплавленного металла и механические свойства металла шва представлены в табл. 1 и 2.

Производственные испытания новых порошковых проволок на ряде машиностроительных заводов показали высокую технико-экономическую эффективность их применения с использованием

полуавтоматов А-825, А-547, А-1197, ПДГ-508 и др., имеющих одну пару подающих роликов.

Применение порошковой проволоки взамен сплошной обеспечивает рост производительности сварки. При сварке, преимущественно в нижнем положении, увеличение производительности сварки составляет 20-40%. Если доля швов, которые необходимо выполнять в вертикальном и потолочном положениях более 50% от общего количества шва, то производительность сварки порошковой проволокой увеличивается в два и более раза.

В производственных условиях косвенной оценкой изменения производительности механизированной сварки при форсированных режимах сварки может быть скорость подачи проволоки. Так, применение порошковой проволоки ПП-АС4 (ТУ У 28.7.31206116.002-2001) диаметром 2,0 мм взамен сплошной проволоки Св-08Г2С диаметром 2,0 мм скорость подачи проволоки на полуавтомате ПДГ-508 увеличилась с 368 до 508 м/ч при одинаковой силе сварочного тока.

Наибольшая эффективность применения порошковой проволоки достигается при сварке стыковых толстостенных и угловых соединений «в лодочку». При сварке порошковыми проволоками рутилового типа диаметром 2,4 мм производительность сварки достигает 10 кг/ч.

При использовании сплошной порошковой проволоки подобная производительность может быть достигнута при сварке на форсированных режимах. Однако в этом случае растет расход углекислого газа, увеличивается количество выбросов вредных веществ в зону дыхания сварщика, растет интенсивность излучения дуги, увеличиваются затраты на вспомогательные операции и т. д. Все это не повышает, а снижает суммарный эффект от сварки на форсированном режиме.

Применение порошковой проволоки позволяет решать не только проблемы повышения производительности сварки. Основным достоинством сварки порошковой проволокой является обеспечение хорошего формирования шва правильной формы с блестящей, гладкой поверхностью, малого разбрызгивания электродного металла, глубокого проплавления корня шва.

При сварке порошковыми проволоками обеспечивают более высокие механические свойства металла шва (ударная вязкость, пластичность), чем при сварке сплошной проволокой. Так, порошковые проволоки рутилового типа, предназначенные в основном для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей нормальной прочности, обеспечивают

(Окончание на стр. 45) ►

Опыт изготовления литосварных конструкций из чугуна

В. А. Метлицкий, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)

Чугун редко применяют в сварных изделиях и конструкциях из-за его ограниченной свариваемости. Вместе с тем в промышленности часто возникают задачи создания литосварных деталей из чугуна. Сложные и крупногабаритные чугунные отливки во многих случаях целесообразно расчленять на отдельные части, более простые по форме и сравнительно малые по размерам, которые значительно проще изготавливать. Соединение отдельных расчлененных деталей возможно с помощью сварки.

Созданию литосварных изделий способствуют два основных фактора. Во-первых, способы получения чугуна непрерывно совершенствуются, в результате чего показатели физико-механических и эксплуатационных свойств отливок улучшаются: появляются новые классы и марки чугунов, расширяется их сортамент. Во-вторых, технологические процессы механизированной дуговой, электрошлаковой, контактной и некоторых других способов сварки обеспечивают получение сварных соединений высокого качества. Все это создает условия для разработки новых видов конструкций: литосварных чугунных и комбинированных сварных из чугуна и стали.

Производство литосварных изделий дает значительный экономический эффект, особенно в случае широкого применения относительно дешевого чугуна литья и благодаря замене высоколегированной стали, а иногда и сплавов цветных металлов на чугун.

Практика показывает, что для получения качественных и работоспособных литосварных изделий из чугуна необходимо проводить на технологических пробах исследовательские и опытные работы по оценке свариваемости основного металла, моделировать процесс сварки и использовать расчетные методы для оценки остаточных сварочных напряжений и выбора рациональных условий сварки, совершенствовать сварочные и (или) присадочные материалы.

На основе выполненных исследований и экспериментов в ИЭС им. Е. О. Патона разработаны технологические процессы дуговой сварки для изготовления литосварных конструкций из чугуна.

Трубочка теплообменника. С целью замены труб из высоколегированной стали на чугунные совместно со специалистами ВНИИКомпрессормаш (Сумы) разработана технология механизированной дуговой сварки трубочек теплообменных аппаратов для охлаждения серной кислоты. Трубочки представляют собой пучок чугунных труб непрерывной отливки и трубные решетки из чугуна с пластинчатым графитом.

Сварку выполняли самозащитной порошковой проволокой, используя модернизированную сварочную установку АД-222, что позволяло механизировать процесс сварки и отдалить сварщика от нагретых заготовок.

Для предотвращения образования трещин в сварных соединениях предварительно подогревали трубные решетки и торцы труб газовой горелкой до 450–550 °С. Сварку начинали с центральной трубы, затем продолжали произвольно от центра к периферии. Избегали сварки соседних труб, так как это приводит к более высокому уровню остаточных напряжений и образованию трещин. После сварки 8–10 труб производили промежуточный подогрев.

Полномерные трубочки с 31 трубой (рис. 1) были испытаны в производст-

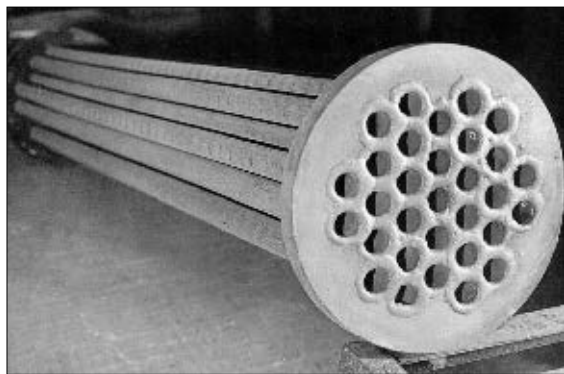
венных условиях и использованы при изготовлении теплообменников для серной кислоты на ПО «Химпром» (Сумы). Первичная оценка качества литосварной трубочки заключалась в гидроиспытании под давлением 0,9 МПа. Коррозионную стойкость соединений прогнозировали по результатам испытаний, проведенных на образцах — «свидетелях». Из периодических осмотров трубочек, длительное время (более 2 лет) проработавших в потоке горячей концентрированной серной кислоты, определено, что стойкость не ниже этой характеристики для металла труб.

Уплотнительные кольца в задвижке. Сварка уплотнительного кольца с корпусом задвижки — ответственная операция, определяющая работоспособность и долговечность всего запорного узла. Трудности при сварке резко возрастают в случае использования чугунных задвижек, причем качество соединения обуславливается структурой металла ЗТВ и напряженным состоянием в нем.

Впервые выполнены работы по сварке уплотнительных колец из стали с чугунным корпусом задвижки трубопровода. Корпусы задвижек клинового типа из чугуна с шаровидным графитом и ферритной основой были отлиты по технологии Физико-технологического института металлов и сплавов НАН Украины. Уплотнительные кольца изготовлены из стали Ст3 с предварительно нанесенным на торцевую поверхность износостойким слоем.

Механизированную дуговую сварку осуществляли наложением углового шва между внутренней поверхностью кольца и уступом в корпусе задвижки, высота которого над кольцом составляла 3 мм. Применяли самозащитную проволоку сплошного сечения марки ПАНЧ-12 (ТУ 48-21-780-85). Сварку выполняли в один или два прохода через отверстие в противоположном фланце задвижки (рис. 2) при неподвижном положении горелки и вращении корпуса.

Рис. 1. Литосварная трубочка с трубной решеткой диаметром 420 мм и трубами длиной 2 м



Прочность и плотность сварных соединений обеспечивалась благодаря строгому входному контролю: отсутствию литейных дефектов в корпусах задвижек особенно в месте выполнения сварки, тщательной подготовке посадочного места под уплотнительное кольцо и точной сборке под сварку.

Контроль герметичности полученных литосварных изделий осуществляли в ЦКТА НПО «Знамя труда» (С.-Петербург) гидравлическим способом под давлением до 2 МПа, при этом утечки не превышали допустимых норм. Запорный узел выдерживал испытания на многократное его открывание-закрывание.

Холодильные плиты с бонками. Холодильные плиты для кожухов доменных печей имеют бонки, с помощью которых фиксируют расстояние от плит до кожуха для засыпки в зазор теплоизоляционного материала. Кроме того, через бонки вводят болты для крепления холодильных плит к кожуху.

При совместной отливке плит с бонками (в виде бобышек) не обеспечивается качество металла в бобышках (образуются рыхлость, газовая пористость и другие, часто повторяющиеся дефекты). Рациональной технологией является

раздельная отливка плит и бонков с последующей приваркой последних. При этом качество заготовок бонков, отлитых в кокиль, достаточно высокое.

Сварка бонков с холодильными плитами осуществлена на Днепропетровском заводе металлургического оборудования. Бонки из чугуна СЧ15 имели внешний диаметр 110 мм, внутренний 50 мм, высоту 35 мм. Толщина плиты (СЧ15) в месте сварки составляла 175–200 мм в зависимости от номенклатуры. Сварку производили самозащитной проволокой сплошного сечения ПАНЧ-11 (ТУ 48-21-593-82) диаметром 1,2 мм. Длина участков шва составляла от 60 до 200 мм, катет шва — примерно 6 мм (рис. 3).

Возможным дефектом сварных соединений могли быть микротрещины, поэтому применяли метод краско-капиллярной дефектоскопии. Установлено высокое качество соединений при соблюдении оптимальных режимов и техники сварки.

Большое количество холодильных плит с приваренными бонками поставлено ДЗМО на экспорт. Со стороны заказчиков рекламаций на качество соединений не поступало. ■ #260



Рис. 2. Корпус задвижки из ЧШГ с вваренными уплотнительными кольцами (D_y 100)

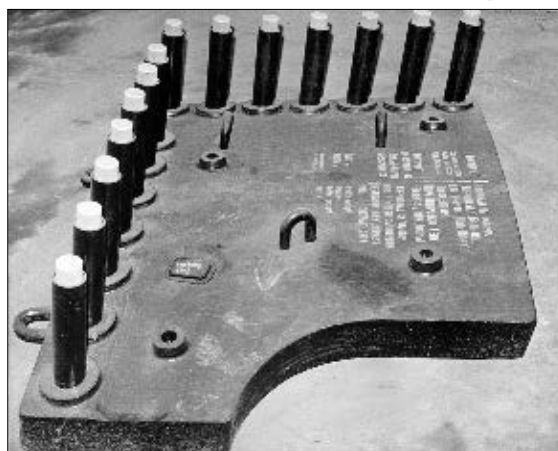


Рис. 3. Холодильная плита с приваренными бонками

Механизированная сварка порошковой проволокой — путь повышения эффективности изготовления сварных конструкций

(Окончание. Начало на стр. 43)

ударную вязкость металла шва не менее 35 Дж/см² (при испытании на образцах типа Шарпи) при температурах до -40 °С.

Порошковые проволоки рутилового типа находят широкое применение при изготовлении ответственных металлоконструкций, когда необходимо выполнять сварку в вертикальном или потолочном положениях, например, в судостроении.

Сравнительный анализ результатов промышленных испытаний порошковой проволоки ПП-АС10 и сплошной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм показал, что порошковая проволока обеспечи-

вает более высокую производительность сварки (соответственно 2,7 и 2,2 кг/ч), лучшее формирование металла шва, более высокие показатели пластичности и ударной вязкости металла шва. Высокие сварочно-технологические свойства порошковой проволоки ПП-АС10 обеспечиваются при сварке на вертикальной плоскости при силе сварочного тока 240–260 А, тогда как при сварке сплошной порошковой проволокой максимальный ток 180 А. Возможность выполнения сварки на вертикальной плоскости на форсированных режимах достигается за счет специальной композиции шлакообразующей части сердечника порошковой проволоки. При сварке соединений преимущественно в нижнем положении, когда необходимо обеспечить высокую скорость сварки при условии обеспечения бездефектной формы шва, хорошо зарекомендовали себя порошковые проволоки с сердечником, основу которого составляют металлические порошки. Проволока ПП-АС2 позволяет выполнять сварку со скоростью до 20 м/ч.

В современных рыночных условиях для производителя сварных конструкций при выборе того или иного сварочного материала, определяющим является не только технические характеристики материала, но и его стоимость. Специалисты предприятия ООО «АРКСЭЛ» на основании опыта промышленных испытаний и внедрений порошковых проволок марок ПП-АС2, ПП-АС4 и ПП-АС10 выполнили укрупненный расчет экономической эффективности применения порошковых проволок (табл. 3).

При более высокой стоимости главное преимущество порошковой проволоки в сравнении с проволокой сплошного сечения — возможность изготовить в 1,3–1,5 раза больше готовой продукции высокого качества. Экономическая эффективность применения порошковой проволоки зависит от конкретных условий производства. Специалисты ООО «АРКСЭЛ» готовы оказать техническую помощь предприятиям в выборе сварочных материалов и внедрению прогрессивных методов механизированной сварки. ■ #259

Шлифование вольфрамовых электродов*

При сварке методом TIG форма валика шва зависит от многих факторов, большинство из которых являются внешними, независимыми от сварщика. К ним относятся конструкция крепления и подготовки деталей под сварку, присадочный материал, сила тока, а также характеристики сварочного источника. Сварщик (оператор) может контролировать скорость сварки, однако, и этот параметр зависит от механического привода при механизированном процессе.

* Biuletyn. — №2. — 2002. — С. 23.

Перевод с польского — Н. В. Скорина, канд. техн. наук

Высокий уровень развития способов сварки и доступность программируемых механизированных сварочных установок способствуют тому, что основной задачей современного сварщика становится наблюдение за функционированием установки. Однако ответственность за подготовку к сварке и резке остается. Особое внимание при этом необходимо уделять выбору и подготовке сварочных электродов.

Материал неплавящегося электрода. В настоящее время доступны электроды с широким диапазоном химического состава. Их выбор базируется на практическом опыте и опубликованной информации. В чистый вольфрам с целью улучшения сварочно-технологических свойств вводят различные добавки, содержащие окислы редкоземельных металлов, (церий, лантан, иттрий и

торий). Следует отметить, что электроды, содержащие торий, создают потенциальную опасность попадания в организм человека пыли во время их шлифования.

Геометрия электрода. Конец неплавящегося электрода имеет форму усеченного конуса (рис. 1). Большие угол конуса и диаметр наконечника обеспечивают увеличение срока службы электрода, хорошие условия для проплавления, позволяют выполнять сварку узкой дугой на формированных режимах без опасности эрозии электрода. Уменьшение угла и диаметра вызывает стабилизацию горения дуги, а также позволяет сваривать на меньшем токе.

Воспроизводимость геометрии формы наконечника электрода является обязательной для обеспечения качественной сварки. Она может быть достигнута путем механизированного шлифования конца электрода. При ручном шлифовании электродов не удастся обеспечить стабильную и оптимальную геометрию каждого электрода. Любое отклонение от оптимальной формы оказывает отрицательное влияние на качество шва (рис. 2).

Обработка наконечника электрода. Протекание сварочного тока происходит, в основном, в поверхностном слое электрода и зависит от качества по-

верхности. Царапины и следы шлифования оказывают большое влияние на проводимость электрода. Поэтому важно обеспечивать шлифование электрода строго параллельно его оси (рис. 3). Для оптимальной геометрии электрода нужно, чтобы чистота поверхности составляла 0,5 Ra. В электродах, шлифованных перпендикулярно к оси, или чистота поверхности которых больше 0,5 Ra, ток протекает нестабильно, что в свою очередь может вызвать загорание дуги вне наконечника, блуждание дуги, термический ток наконечника, уменьшить срок службы электрода.

Стабильного качества шва можно достичь, используя электроды, подготовленные на специальных шлифовальных машинах (таблица). Обычно практикуемое ручное затачивание на универсальных шлифовальных машинах применять не следует.

Опасность при подготовке наконечника электродов. Часто недооценивается потенциальная угроза, связанная с удалением загрязнения с наконечника электрода. Шлифование загрязненного наконечника кажется удобным решением задачи, однако, единственный надежный способ устранения загрязнений наконечника — его обрезка.

Рис. 1. Геометрия электрода

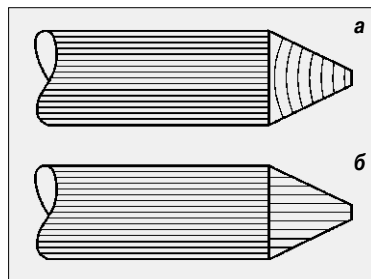
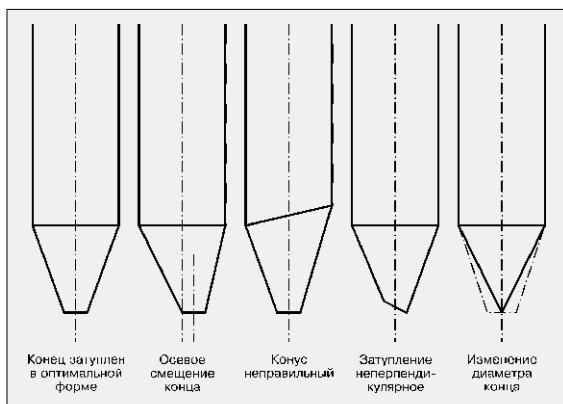
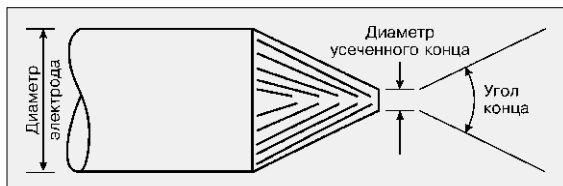


Рис. 3. Направление шлифования: а — неправильное: следы шлифования, перпендикулярные к оси электрода, ограничивают ток сварки, вызывая блуждание дуги и риск снижения качества шва; б — правильное: следы шлифования вдоль оси электрода не ограничивают протекание тока

Рис. 2. Некоторые типичные отклонения от идеальной формы

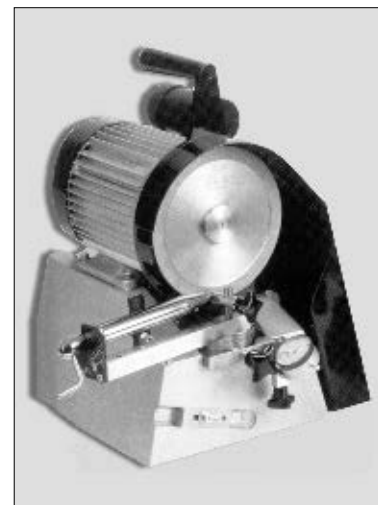


Рис. 4. Шлифовальная машина для вольфрамовых электродов с продольным направлением шлифования

Пылевая угроза. Пыль при шлифовании вольфрамовых электродов вредна для человека, особенно, пыль «улучшенных» электродов (например, торированных), которые содержат радиоактивный материал. Поэтому шлифовальные машины должны иметь приспособления для отсоса пыли. Лучшие заточные установки комплектуют сейчас не только шлифовальными машинами, но и пылеотсосом.

Техническая характеристика механизированных шлифовальных машин:

Напряжение питающей сети, В (Гц) 110/120 или 220 (50/60)
Диаметр электрода, мм 1,0–6,0

Таблица. Сравнение характеристик ручного и машинного шлифования электродов

Ручное шлифование	Машинное шлифование
Качество поверхности невысокое и неравномерное Электроды могут треснуть во время шлифования	Качество поверхности высокое и равномерное Крепление в оправке обеспечивает безопасность шлифования
Нельзя обработать короткий электрод Угроза здоровью из-за пыли. Вероятность поражения рук (ладоней), необходим большой опыт	Возможна обработка электродов длиной Ø12 мм Устройство имеет отсос пыли, нет риска поражения рук (ладоней). Достаточно небольшого опыта

Длина электрода, мм 10–150
Угол конуса, ...° 15–95
Материал диска Алмазный или карбид кремния

Показанная на рис. 4 специальная шлифовальная машина TEG-3 является примером компактной современной

установки. Она позволяет получить требуемую форму наконечника вольфрамового электрода в широком диапазоне параметров и высокое качество поверхности при минимальном опыте работающего, обеспечивает абсолютную безопасность работы. ■ #261

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

Русско-украинский словарь сварочной терминологии. Українсько-російський словник зварювальної термінології

Автори-укладачі: **В. М. Бернадський, О. С. Осика, Л. О. Симоненко, Л. С. Філоненко.** — К.: *Екотехнологія*, 2001.

У словнику представлені найуживаніші сучасні терміни зі зварювання та споріднених технологій російською мовою та їх українські відповідники.

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників, аспірантів, студентів, перекладачів та фахівців інформаційних служб.

Вибрационная обработка сварных конструкций

Г. И. Лащенко. — К.: *Екотехнологія*, 2001.

Рассмотрены особенности процесса виброобработки, выбора режима и контроля параметров, приведены технологии виброобработки сварных балок, рам, станин и других конструкций, а также используемое для этого оборудование.

Рассчитана на инженерно-технических работников сварочного производства, проектных организаций, студентов.

Оборудование для сварки, наплавки, плазменного упрочнения и напыления

Каталог-справочник. — К.: *Екотехнологія*, 2002.

Приведены характеристики оборудования для сварки, наплавки, плазменного упрочнения и напыления, разработанного и выпускаемого ОАО «Украинский конструкторско-технологический институт сварочного производства».

Предназначен для специалистов, работающих в области сварочного производства, инженерно-технических работников машиностроения и транспорта, занятых в основном и ремонтном производствах. Полезен для студентов сварочных факультетов.

Современные средства защиты сварщиков

О. Г. Левченко, В. А. Метлицкий. — К.: *Екотехнологія*, 2001.

Дана краткая характеристика вредных и опасных производственных факторов при сварке. Приведены современные средства вентиляции рабочих мест и индивидуальной защиты органов дыхания и зрения сварщиков, а также новые модели специальной одежды, обуви и др. Рассмотрены особенности различных способов вентиляции, общее устройство, технические характеристики вентиляционного оборудования. Представлены различные виды защитных масок сварщиков, в том числе и с подачей очищенного воздуха.

Рассчитана на инженерно-технических работников сварочного производства, специалистов по охране труда, гигиене и экологии.

Термическая обработка сварных соединений

П. М. Корольков. — К.: *Екотехнологія*, 2002.

Брошюра содержит технические данные по местной термической обработке сварных соединений, применяемой в строительномонтажных, полевых и ремонтных условиях на трубопроводах и технологическом оборудовании в различных отраслях промышленности (газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей и др.). Рассмотрены назначение, виды и режимы термообработки, способы нагрева и материалы, нагревательные устройства, оборудование, технология термообработки, контроль температуры и качества, организация работ, техника безопасности.

Брошюра предназначена для инженерно-технических работников и производственного персонала (операторов-термистов, сварщиков, дефектоскопистов и др.). Брошюра может быть использована в качестве учебного пособия при подготовке операторов-термистов на передвижных термических установках для работы в строительномонтажных и ремонтных организациях, в различных отраслях промышленности.

Брошюры изданы при содействии Проекта УКР/98/006 «Обмен технологической информацией в Украине для поддержки экономических преобразований» Программы Развития Организации Объединенных Наций.

По вопросу приобретения обращайтесь в редакцию журнала «Сварщик». Тел.: (044) 227–6502.

Повышение эффективности контроля локальной герметичности сварных соединений судокорпусных конструкций

В. М. Кузавков, А. Я. Розинов, В. П. Рыдловский, кандидаты техн. наук, Центральный научно-исследовательский институт технологии судостроения (С.-Петербург)

В судостроении и судоремонте технология испытаний на герметичность корпусов судов и различных плавучих сооружений регламентирована отраслевым стандартом ОСТ5Р.1180-93, которым предусмотрены методы контроля локальной герметичности сварных соединений судовых корпусных конструкций способами налива воды под напором и без напора, надува воздуха с применением мыльного раствора или полимерных пенообразующих составов, а также смачивания керосином на меловой экран.

Каждый из перечисленных способов надежен и обеспечивает необходимый уровень контроля герметичности. Однако практика показывает, что проведение испытаний наливом воды сложно, особенно зимой, ибо требуется продолжительное время на заполнение испытываемых конструкций водой и ее слив, а также подогрев используемой воды для предотвращения отпотевания контролируемых сварных соединений. Кроме того, использование воды значительно увеличивает стоимость постройки или ремонта судна, а также повышает затра-

ты на очистку загрязненной воды с целью обеспечения требований экологии.

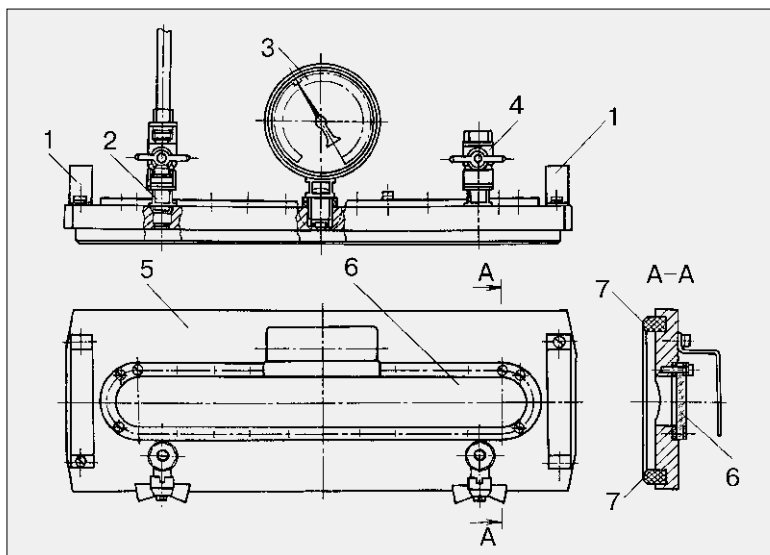
Испытания надувом воздуха имеют ряд преимуществ по сравнению с использованием воды. Однако такие испытания требуют создания тщательного уплотнения испытываемых корпусных конструкций для поддержания необходимого давления сжатого воздуха. При испытаниях на герметичность сжатым воздухом постоянно возникают затруднения, связанные с контролем параметров воздуха, зависящих от изменения окружающей температуры, атмосферного давления, уровня влажности и т. п.

Испытания смачиванием керосином возможны только при контроле герметичности нахлесточных сварных швов. Они просты по исполнению, но имеют ограничения из-за высокой пожаро- и взрывоопасности при контакте с чистым кислородом. Кроме того, результаты испытаний смачиванием керосином нестабильны из-за того, что эффективно контролировать локальную герметичность можно

только сварных горизонтальных соединений. С поверхности соединений, расположенных в других пространственных положениях, керосин стекает, при этом во всех случаях он интенсивно испаряется.

В практике судостроения и судоремонта получил распространение метод контроля герметичности сварных соединений корпусных конструкций с помощью вакуумных камер. Такой метод рационально применять на отдельных (локальных) участках сварных соединений. Его можно использовать в тех случаях, когда испытываемая на герметичность корпусная конструкция является объемной или плоскостной и требуется испытать на герметичность небольшой участок сварных соединений изготавливаемой или ремонтируемой конструкции. Для этого применяют малогабаритные переносные вакуумные камеры (вакуумные течеискатели) с прозрачной верхней крышкой корпуса (рис. 1), который не имеет дна, а нижняя часть оклеена эластичной резиной, являющейся надежным вакуумным уплотнением. На боковой стенке или крышке корпуса камер размещают вакуумметр. Форму и размеры камер выбирают в зависимости от формы и размеров испытываемых сварных соединений. Технология применения вакуумных камер предусматривает перед проведением контроля на локальную герметичность смачивание поверхности сварных соединений пенообразующим раствором. Затем на участок этих соединений устанавливают вакуумную камеру, прижимают ее к сварному шву и в камере вакуумнасосом создают необходимое разрежение, контролируемое вакуумметром. Наличие сквозных микронеплотностей определяют по пузырькам пенообразующего раствора, за появлением которых наблюдают через прозрачную крышку ка-

Рис. 1. Конструктивная схема вакуумной камеры:
1 — ручки;
2 — штуцер для отвода воздуха;
3 — мановакуумметр;
4 — штуцер для подачи воздуха;
5 — корпус; 6 — смотровое окно из оргстекла;
7 — резиновое уплотнение



меры. Количество таких пузырьков изменяется по мере изменения разрежения в вакуумной камере. Однако наступает момент, когда увеличение разрежения приводит к вскипанию индицирующего состава и созданию ложного пенообразования, не связанного с нарушением герметичности контролируемого сварного соединения. Установлено, что точкой вспенивания мыльной пены является разрежение порядка 0,05 МПа, мыльного раствора — 0,07 МПа, полимерных пенообразующих составов — 0,08 МПа.

В процессе изготовления металлических конструкций исследовали применимость вакуумных камер для выявления сквозных микродефектов в сварных соединениях металлоконструкций. В качестве пенного индикатора применяли раствор воды с мылом и глицерином в следующем составе: вода — 1 дм³, мыло — 50 г, глицерин — 5 г. Установлено, что наименьшая сквозная микронеплотность 0,002 мм может быть выявлена при разрежении в полости вакуумной камеры, составляющем разность с наружным атмосферным давлением около 0,03 МПа. При разности давлений приблизительно 0,002 МПа могут быть выявлены при помощи мыльного раствора сквозные микродефекты размером около 0,017 мм. Результаты исследований были проверены в производственных условиях при контроле герметичности сварных соединений плоского днища бака-хранилища, изготовленного из стали толщиной до 20 мм. Практика подтвердила возможность использования вакуумных камер для работы в промышленных условиях.

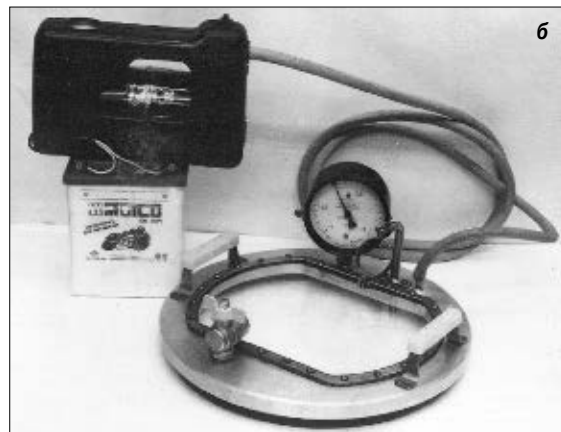
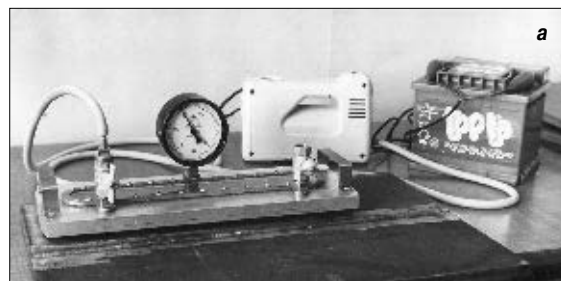
Контроль локальной герметичности с использованием вакуумных камер может быть альтернативой контролю локальной герметичности с применением керосина. Практика применения вакуумных камер подтверждает, что на выявление сквозных микронеплотностей сварных соединений с помощью этих камер необходимы минуты. Если же применять керосин, то на это уходят часы. Кроме того, вакуумные камеры обеспечивают равноценное выявление сквозных микронеплотностей в любом пространственном положении, причем во всех случаях это может быть осуществлено при одностороннем доступе к местам локального контроля сварных соединений.

Достоинство вакуумных камер — простота их конструкции. В зависимости

от назначения корпус вакуумной камеры может иметь опорную поверхность в виде прямоугольника, квадрата, треугольника, круга и др. Конструктивное решение уплотнения их корпуса определяется характером контролируемого на герметичность сварного соединения. Материалом уплотнения во всех случаях является резина, обладающая минимальной проницаемостью для газов и минимальным газоотделением при вакуумировании. При нормальной работе вакуумных камер их резиновое уплотнение «обтекает» выступы (например, усиления сварных швов) и «затекает» во впадины (например, в поверхностные бухтины, занижения или порезы сварных швов).

К настоящему времени разработаны и прошли производственную проверку конструктивно улучшенные и облегченные вакуумные камеры, предназначенные для контроля локальной герметичности сварных соединений судовых корпусных конструкций. Специальный профиль и нестандартное конструктивное решение резинового уплотнения обеспечивают высокое качество контроля локальной герметичности в условиях цеха или построечного места, не требуя специальной подготовки поверхности испытываемых сварных соединений. Уплотнение позволяет в процессе установки вакуумной камеры обеспечивать плотное прилегание при незначительном усилии прижатия ее корпуса, создаваемом вручную, после чего плотность прилегания увеличивается за счет включения автономного вакуумного насоса с электроприводом от аккумулятора.

Разработаны вакуумные камеры (рис. 2) для контроля стыковых пазовых сварных соединений плоских конструкций (габаритные размеры 450×172×180 мм, масса 4,5 кг, форма основания прямоугольная); пересечений сварных пазов и стыков плоских конструкций (габаритные размеры 340×340×160 мм, масса 5,4 кг, форма основания диск); тавровых сварных соединений (габаритные размеры 400×160×124 мм, масса 4,0 кг, форма основания треугольник). Камеры обслуживают вакуумнасосы (240×160×90 мм) и аккумуляторы (170×170×170 мм) массой 13,5 кг. Толщина контролируемых конструкций — 0,8–60 мм, усиление контролируемого сварного шва не более 3,0 мм, разрежение, создаваемое вакуум-насосом, не менее 0,08 МПа, напряже-



ние электропитания 12 В, средняя потребляемая сила тока 7 А. Технология применения камер регламентирована руководящим документом РД5Р.ГКЛИ.3220–007–97 «Соединения сварные корпусных конструкций». Испытания на герметичность (непроницаемость) с применением вакуумных камер», согласованным с Российским Морским Регистром Судостроения и управлением Заказчика. Камеры прошли опытную проверку на судостроительных заводах. На их базе могут быть изготовлены и поставлены вместе с рабочей документацией камеры различной модификации, пригодные для контроля герметичности сварных соединений конструкций, применяемых на транспорте, в строительстве, химической и атомной промышленности. ■ #262

Рис. 2. Вакуумные камеры для проверки стыковых пазовых сварных соединений (а), пересечений сварных пазов и стыков (б), тавровых сварных соединений (в)

Термосенсорная диагностика и управление качеством соединений при контактной сварке

П. П. Архипов, А. Ф. Керемжанов, ЗАО «АКО Лтд» (Москва), Н. Г. Ефименко, М. В. Орлов, УИПА (Харьков), Н. А. Варуха, НАКУ «ХАИ» (Харьков)

При точечной и рельефной контактной сварке (КС) актуальным является комплексный контроль качества сварных соединений в реальном времени и основанное на нем адаптивное управление процессом сварки. Известные способы и средства контроля специализированы по отдельным видам контактной сварки. Их используют для управления обычно как косвенную обратную связь, причем недостаточно информативную. Рациональное комплексное решение проблемы оперативного контроля контактной сварки может обеспечить термосенсорная диагностика (ТСД).

Преимуществами термосенсорной диагностики являются интегральная оценка качества сварных соединений; диагностирование причин брака; обеспечение прямой, а не косвенной информации об объекте; контроль динамики образования сварных соединений в реальном времени; использование наглядной, всесторонней информации об объекте контроля как для оптимизации технологии сварки, так и для обучения, аттестации персонала; универсальность при несложной адаптации к производственным условиям конкретных технологических объектов контактной сварки.

Новизна термосенсорной диагностики состоит в распознавании тепловых состояний диагностируемых объектов контактной сварки на основе термосенсорных аналогов.

При разработке средств термосенсорной диагностики для типовых изделий, изготавливаемых контактной сваркой, выполняют:

- синтез функциональных моделей технологических объектов;
- анализ тепловых сигналов;
- синтез тепловых моделей контролируемых состояний;
- формирование моделей термосенсорных диагностических признаков;
- синтез типовых моделей технологии и программно-технических средств термосенсорной диагностики.

Этапы адаптации к условиям конкретных технологических объектов включают:

- экспериментальное программно-техническое макетирование на основе типовых средств термосенсорной диагностики для конкретных объектов;
- формирование диагностических информационных массивов отображения, регистрации, анализа, прогноза и сигналов управления;
- испытания программно-технических средств термосенсорной диагностики, корректировку информационного, программно-технического обеспечения.

Таким образом, для сдачи «под ключ» обеспечиваются адаптация типовых средств термосенсорной диагностики к условиям конкретного производства, а также их информационно-технический сервис (шеф-монтаж, настройка, испытания, проверка, обучение, послегарантийный ремонт и модернизация).

На *рисунке* показана функциональная схема взаимосвязей внешних воздействий, объектов контактной сварки и программно-технических средств термосенсорной диагностики.

При заданных значениях тока сварки I_c (подогрева I_n , проковки I_k) и усилий сжатия электродов (сварки P_c , проковки P_k) в условиях реальных непрогнозируемых производственных возмущений особое влияние на работу оборудования для контактной сварки и качество сварных соединений оказывают:

- изменения напряжения питающей сети U_c и тока вторичной обмотки трансформатора I (существенное уменьшение может произойти при одновременном включении нескольких сварочных установок);
- значительный износ, несоосность и перекосы электродов, изменения твердости свариваемых материалов (на 50% и более), загрязнения, нестабильность контакта между деталями в местах сварки.

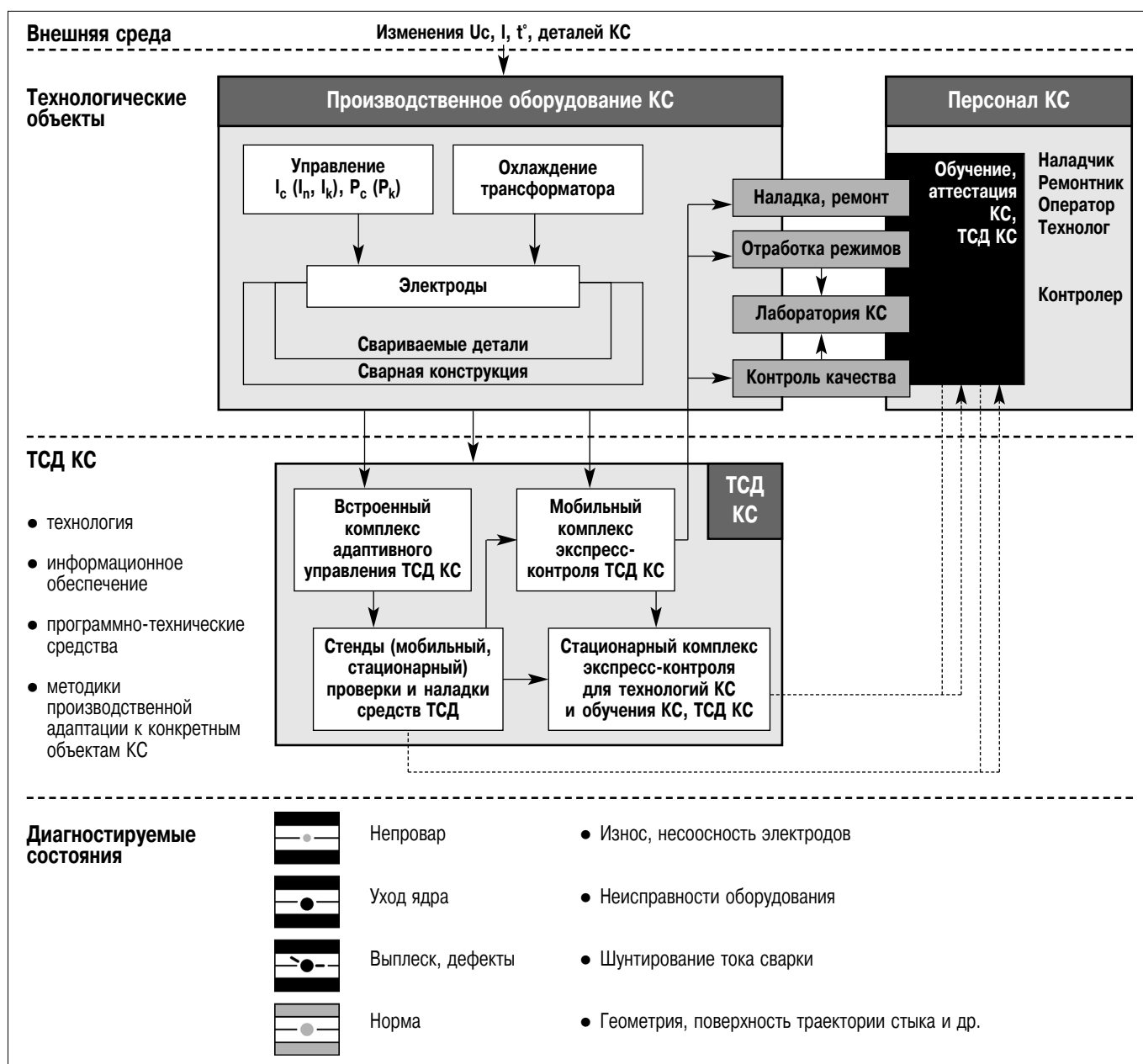
Для обеспечения качества контактной сварки важное значение имеют уровень применяемых технологий, подготовка деталей к сварке, величины зазоров и перекосов деталь-электрод, состояние поверхности деталей, надежность сварочного оборудования и электродов, а также квалификация персонала, задействованного на всех циклах технологического процесса (технологов, наладчиков, ремонтников, операторов и контролеров).

Термосенсорную диагностику используют на всех этапах технологического цикла контактной сварки.

На этапе *подготовки к сварке* выполняют настройку и диагностику оборудования; выбор параметров режимов контактной сварки, формы и размеров электродов; отработку технологии сварки с учетом разнотолщинности деталей, разных по тепло- и электропроводности металлов, возможных трещин, раковин и пор, внесения значительных магнитных масс, касания деталью токоведущих частей оборудования, шунтирования тока при малом шаге сварных точек при приближении к прихватке или к сплошному металлу; настройку и проверку средств термосенсорной диагностики; отладку режимов контактной сварки на образцах.

Этап *сварки* включает: настройку, проверку, диагностику оборудования для контактной сварки и средств термосенсорной диагностики; контроль измерений напряжения сети, загрязнения свариваемых поверхностей деталей, их твердости, перекосов и износа электродов, их охлаждение, а также других параметров технологии контактной сварки; контроль, прогноз и обеспечение адаптивного управления процессом сварки с учетом основных дефектов — выплески, перегрев, непровар.

Экспресс-контроль готовой продукции. Для системного интегрального представления информации термосенсорной диагностики контактной сварки



(для каждого цикла сварки относительно исходных операций базового термосенсорного, порогового и логико-математических диагностических преобразований) обеспечиваются:

- графики выходящих за допуски изменений U_c , I для диагностики причин возникновения непровара, выплесков, перегрева, вмятин;
- график контроля динамики перемещения подвижного электрода (усилия P_c , P_k , высота сварного литого ядра и др.);
- совмещенные графические представления контроля и прогноза основных параметров контактной

сварки, обеспечивающих качество: выплеска, перегрева, глубины вмятины, моментов включения и выключения усилия проковки P_k .

Такая информация обеспечивает диагностику основных параметров, адаптивное управление ими и причины возникновения дефектов в зависимости от вида, толщины и качества поверхности технологических факторов работы оборудования и электродов.

Представленный комплекс термосенсорной диагностики контактной сварки можно использовать в процессах точечной и рельефной сварки без суще-

ственных технологических ограничений.

Кроме решения частных задач термосенсорного контроля, предлагаются поставки информационно-технологических комплексов термосенсорной диагностики конкретного назначения, состоящих из оптико-электронных технических систем контроля и управления, компьютерно-диагностических комплексов, станций и базовой технологии.

Описанный инновационный метод диагностики уже находит международное признание. Так, Международный институт сварки принял решение организовать рабочую группу термосенсорной диагностики. ■ #263

Рисунок. Функциональная схема ТСД контактной сварки

К 60-летию Петра Алексеевича Косенко

19 сентября 2002 г. отметил свой 60-летний юбилей Петр Алексеевич Косенко.

Трудовая деятельность Петра Алексеевича связана с Киевским сеточно-электродным заводом, куда он пришел в 1969 г. после окончания политехнического института, а с 1977 г. он возглавил Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона.

Глубокие знания, большой организаторский талант — все было положено на алтарь развития завода и реализовалось в модернизации производства сварочных материалов. В содружестве со специалистами ИЭС на заводе были созданы новые производственные мощности по изготовлению порошковых проволок, керамических флюсов и других материалов для сварки, наплавки и пайки, освоено изго-

товление 32 марок сварочных электродов, 40 марок порошковых проволок, 25 марок плавящихся и керамических флюсов. Сегодня в цехах завода успешно эксплуатируют технологическое оборудование, разработанное и изготовленное на предприятии.

В сложных экономических условиях завод под руководством П. А. Косенко сумел стать флагманом отечественного производства сварочных материалов. Продукция завода получила высокую оценку специалистов, ее применяют в различных отраслях промышленности: тяжелом и транспортном машиностроении, энергетике, мостостроении, строительстве трубопроводов и т. д.

Деятельность Петра Алексеевича высоко оценена правительствами СССР и Украины. Он награжден орденами «Знак Почета» и «За заслуги».

В 2001 г. за развитие наукоемких технологий и производство прогрессивных сварочных технологий он удостоен почетного звания «Заслуженный машиностроитель Украины». П. А. Косенко ведет активную общественную деятельность, являясь членом Совета Ассоциации «Электрод» и членом редколлегии журнала «Сварщик».

Сердечно поздравляем Вас, Петр Алексеевич, с юбилеем!

Желаем не останавливаться на достигнутом, продолжать творить и осуществлять все новые замыслы. Творческих успехов, благополучия Вам и Вашей семье!

Совет Общества сварщиков Украины, редколлегия и редакция журнала «Сварщик»

К 60-летию Зиновия Абрамовича Сидлина

21 октября 2002 г. Зиновию Абрамовичу Сидлину, доктору технических наук, заслуженному изобретателю Российской Федерации, директору по науке ООО «РОТЕКС-К» исполнилось 60 лет.

Научная и профессиональная деятельность З. А. Сидлина неразрывно связана с решением проблем электродного производства, созданием современных сварочных материалов для ручной дуговой сварки, резки и наплавки сталей, чугуна и цветных металлов.

Инженерную деятельность З. А. Сидлин начал на Московском опытно-сварочном заводе, где после окончания Московского авиационно-технологического института по специальности «металлургия и технология сварочного производства» работал инженером-технологом, начальником технического отдела, главным инженером, а затем директором НТЦ «Сварочные материалы». Он — разработчик многих марок сварочных электродов: ОЗЛ-20, ОЗЛ-25, ОЗЛ-36, ОЗЛ-40, серий ОЗБ и ОЗР, МР-3Р, МР-3У, «Ротекс Р» и др.

В 1974 г. З. А. Сидлину была присуждена степень кандидата технических наук,

а в 1997 г. — доктора технических наук за работы, внесшие существенный вклад в технологию сварки плавлением. В 1984 г. ему как автору 42 авторских свидетельств и патентов России и других стран было присвоено звание «Заслуженный изобретатель Российской Федерации».

Сегодня З. А. Сидлин ведет активную научную и инженерную деятельность на ООО «РОТЕКС-К», разрабатывает новые марки электродов, успешно совершенствует технологию изготовления электродов. Созданные под его руководством и при непосредственном участии новые марки сварочных электродов получили высокую оценку специалистов, они находят широкое применение при изготовлении ответственных сварных металлоконструкций.

Много внимания уделяет З. А. Сидлин организации производства электродов как на заводах промышленной группы «РОТЕКС», так и на предприятиях, входящих в Ассоциацию малых предприятий-производителей сварочных электродов России.

З. А. Сидлин — высокоэрудированный, талантливый ученый и инженер,

автор многих монографий, справочников, учебных пособий и статей. Зиновий Абрамович заслуженно пользуется авторитетом и уважением среди специалистов электродного производства стран СНГ и дальнего зарубежья. Он отдает много знаний и сил общественной и научно-организационной работе в Национальном комитете по сварке РАН, в Совете Ассоциации «Электрод», РНТСО и его Московском региональном отделении, а также в Международной Ассоциации «Сварка», редколлегии журнала «Сварочное производство». Зиновий Абрамович — эталон интеллигентности, добросовестности, преданности своему делу для всех, с кем он работает и общается.

Дорогой Зиновий Абрамович, от всей души поздравляем Вас с юбилеем! Желаем здоровья, счастья, творческих успехов во всех начинаниях, благополучия Вам и Вашей семье!

Совет Общества сварщиков Украины, редколлегия и редакция журнала «Сварщик»

НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

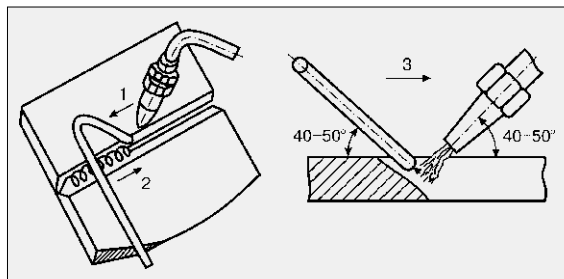
Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 261-0839.

В каких случаях целесообразно вместо сварки применять сваркопайку латунью для восстановления деталей из чугуна? Поделитесь, пожалуйста, тонкостями техники и технологии.

И. Г. Свидрук (Винница)

Пайку латунными припоями целесообразно применять в целях снижения термических напряжений при исправлении незначительных литейных дефектов на чугунных изделиях, а также при устранении трещин и пробоин. Этот процесс идет при более низкой рабочей температуре с нагревом основного металла (чугуна) до температуры плавления латуни (850–900 °С), т. е. без расплавления чугуна. Затем кромки разделки или раковину посыпают флюсом и залуживают участками латунным прутковым припоем. Пайку выполняют правым способом (*рисунок*) снизу вверх с расположением свариваемых кромок в наклонном положении (для того, чтобы расплавленная латунь не стекала на нелуженую поверхность).

Рисунок. Пайка чугуна латунным припоем:
1 — движение горелки;
2 — движение прутка;
3 — движение горелки и прутка



Обычно в качестве припоя применяют латунь Л63 или латунный сплав ЛОК-59-1-03, содержащий до 0,4% кремния. Повышенное содержание кремния обеспечивает «бездымный» процесс, так как уменьшается выгорание цинка.

Состав флюса: 100% буры или 50% буры и 50% борной кислоты. Паяное соединение получается равнопрочным с основным металлом.

Для успешного применения пайки чугуна латунью рекомендуют соблюдать следующие условия:

- угол разделки должен быть 90°, кроме того, на поверхность разделанных кромок следует наносить насечку;
- деталь сложной формы или большой толщины необходимо предварительно подогреть до 400–450 °С;
- мощность горелки при пайке чугуна следует выбирать из расчета расхода ацетилена 50–75 л/ч на 1 мм толщины ремонтируемой детали. Допускается использование газа МАФ. Для предупреждения испарения цинка, входящего в состав латуни, пламя горелки должно иметь избыток кислорода до 30–40%. Во время пайки пламя нельзя отводить в сторону, можно только приближать или удалять от шва, выдерживая среднее расстояние от поверхности детали до ядра пламени 20–30 мм;
- в процессе пайки основной металл не следует доводить до расплавления;

■ весь процесс пайки должен состоять из трех последовательных и непрерывно продолжающихся операций: подогрева, лужения и наплавки;

■ в процессе подогрева, лужения и наплавки обязательно применять упомянутый флюс. Флюс следует присаживать каждый раз при появлении признаков окисления жидкой ванны (морщинистости на поверхности расплавленного металла, ухудшения его жидкотекучести);

■ перед облуживанием участки кромок следует предварительно подогреть до светло-красного каления и обильно посыпать флюсом. К лужению необходимо приступить в тот момент, когда кромки подогреты до 850–900 °С (температура плавления присадки), и растекшийся жидкий флюс расходится под пламенем горелки, обнажая подогреваемую поверхность с мелкими блестящими точками на ней;

■ при лужении кромки необходимо посыпать флюсом и натереть концом прутка, расплавляя его, после чего заполнить латунью весь шов;

■ заполнять разделку после лужения следует в один проход; накладывать шов в несколько слоев не рекомендуется;

■ после окончания пайки деталь должна быть медленно охлаждена на спокойном воздухе.

В результате механического повреждения произошло разрушение двери коксовой батареи из серого чугуна по ТУ 24.011247-84. Представляется ли возможным соединение сваркой разрушенных фрагментов двери? Посоветуйте, что нужно предпринять в данной ситуации.

Коськов Н. П. (Харьков)

Имеющийся опыт ремонта отливок из стандартных серых перлитно-ферритных чугунов с помощью сварки показывает, что в результате воздействия высоких температур, частых теплосмен и агрессивной среды ухудшается свариваемость чугуна. Это объясняется структурными изменениями в металле. Результаты исследований показали, что после 50-ти

тепловых смен (нагрев до 950 °С, охлаждение до 20 °С) в атмосфере, содержащей кислород и сернистые газы, в чугуне укрупняются графитные включения и увеличивается их количество. Металлическая основа из перлитно-ферритной с преобладанием перлита превращается в ферритную. При этом отчетливо наблюдается сквозное окисление металла. По графитным включениям, как по каналам, проникают газы из окружающей среды, и вызывает окисление металлической матрицы. Легко различают продукты коррозии. Для структуры такого чугуна характерно обилие графита и сильное разрыхление металлической матрицы, наличие коррозии вокруг графитных включений и

в металлической основе. Сильное окисление чугуна, крупные графитные включения делают сварку практически невозможной — чугун плавится плохо, жидкий металл не растекается по оплавленной поверхности, формирование неудовлетворительное, сварные соединения не отвечают эксплуатационным требованиям.

Для оценки целесообразности выполнения ремонта двери коксовой батареи требуется тщательное изучение нынешнего состояния чугуна, и только после этого возможна разработка конструктивно-технологических решений, обеспечивающих работоспособность соединений.

На вопросы отвечает

Ю. В. Демченко, канд. техн. наук