



№2 (18) 2001

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Журнал выходит 6 раз в год

Издается с апреля 1998 г.

Подписной индекс 22405

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»

ундр проон



Журнал издается при содействии
Проекта УКР/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

Компьютерный набор А. Е. Рублева

Верстка и компьютерная обработка Татьяна Пашигорова

Адрес редакции: 03150 Киев, ул. Горького, 62

Телефон: (044) 268-3523, 227-6502

Факс: (044) 227-6502

E-mail: welder@svitonline.com

Http: //www.enteco.kiev.ua/welder/

Представительство в Беларуси: Минск, Вячеслав Дмитриевич Сиваков
(017) 213-1991, 246-4245

Представительство в России: Москва, Александр Николаевич Тымчук
(095) 921-5985, 928-9546

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.
Предоставленные 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 10.04.2001. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Бумага офсетная №1. Гарнитура HeliosCondLight. Усл. печ. л. 5,0.
Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 10/04-01. Тираж 3000 экз.

Печать ООО «Людопринт Украина», 2001
01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39-41, к. 1012-1014. Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Экотехнология», «Сварщик», 2001

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологии	3
Производственный опыт	
■ Совершенствование сварочных трансформаторов. <i>И. И. Заруба, В. В. Андреев, В. В. Дыменко, В. А. Титов</i>	6
■ Материалы и оборудование для приварки выводов системы электрохимической защиты на магистральных трубопроводах. <i>Г. В. Жук, В. П. Логинов, В. П. Васьковский, В. А. Шишковский</i>	10
■ Новые электроды и технология изготовления конструкций из высокопрочных сталей. <i>Л. И. Миходуй, В. Д. Позняков, С. Б. Касаткин</i>	12
■ Повышение износостойкости деталей из титановых сплавов. <i>В. В. Перемитко</i>	13
■ Сравнение монокристаллических и поликристаллических лантанборидных катодов для сварочных электронных пушек. <i>П. И. Лобода, А. А. Кайдалов</i>	14
Наши консультации	26
Практикум сварщика	
■ Термическая обработка сварных соединений. Часть 5. Технология термообработки трубопроводов. <i>П. М. Корольков</i>	28
Технологии и оборудование	
■ Ручные резаксы фирмы «Абикор Бинцель» для воздушно-дуговой строжки. <i>Ю. А. Дидус</i>	32
■ Инструменты фирмы «ТРУМПФ» для подготовки кромок под сварку. <i>Е. А. Зайгерман</i>	34
Конференции	
■ Юбилейная конференция сварщиков Урала. <i>З. А. Сидлин</i>	35
По страницам журналов для сварщиков	
■ Типовые конструктивно-технологические дефекты оборудования для ручной газопламенной обработки металлов. <i>О. Е. Капустин</i>	36
Из истории сварки	
■ Николай Николаевич Бенардос. <i>А. Н. Корниенко</i>	38

2001

Сварщик

Інформаційно-технічний журнал

Технології
Виробництво
Сервіс



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

№2 (18) 2001

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 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»



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. О. 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

Комп'ютерний набір

А. Є. Рубльова

Верстка та комп'ютерна обробка

Тетяна Пашигорова

Адреса редакції:

03150 Київ, вул. Горького, 62

Телефон:

(044) 268-3523, 227-6502

Факс:

(044) 227-6502

E-mail:

welder@svitonline.com

Http:

//www.enteco.kiev.ua/welder/

Представництво в Україні:

Мінськ, Вячеслав Дмитрович Сіваков
(017) 213-1991, 246-4245

Представництво в Росії:

Москва, Олександр Миколайович Тимчук
(095) 921-5985, 928-9546

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 10.04.2001. Формат 60×84 1/8. Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура HeliosCondLight. Ум. друк. арк. 5,0. Обл.-вид. арк. 5,2. Зам. № 10/04-01. Тираж 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопринт Україна», 2001
01023 Київ, вул. Ш. Руставелі, 39-41, к. 1012-1014. Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Екотехнологія», «Сварщик», 2001

ЗМІСТ

Новини техніки та технології	3
Виробничий досвід	
■ Удосконалення зварювальних трансформаторів. <i>І. І. Заруба, В. В. Андреев, В. В. Дименко, В. О. Тітов</i>	6
■ Матеріали та обладнання для приварювання виводів системи електрохімічного захисту на магістральних трубопроводах. <i>Г. В. Жук, В. П. Логінов, В. П. Васюковський, В. О. Шишковський</i>	10
■ Нові електроди та технологія виготовлення конструкцій з високоміцних сталей. <i>Л. І. Міходуй, В. Д. Позняков, С. Б. Касаткін</i>	12
■ Підвищення зносостійкості деталей із титанових сплавів. <i>В. В. Перемитко</i>	13
■ Порівняння монокристалічних і полікристалічних лантанборидних катодів для зварювальних електронних гармат. <i>П. І. Лобода, А. А. Кайдалов</i>	14
Наші консультації	26
Практикум зварника	
■ Термічна обробка зварних з'єднань. Частина 5. Технологія термообробки трубопроводів. <i>П. М. Корольков</i>	28
Технології та обладнання	
■ Ручні різачи фірми «Абікор Бінцель» для повітряно-дугової строжки. <i>Ю. О. Дідус</i>	32
■ Інструменти фірми «ТРУМПФ» для підготовки кромки під зварювання. <i>К. А. Зайгерман</i>	34
Конференції	
■ Ювілейна конференція зварників Уралу. <i>З. А. Сидлін</i>	35
По сторінках журналів для зварників	
■ Типові конструктивно-технологічні дефекти обладнання для ручної газополум'яної обробки металів. <i>О. Є. Капустін</i>	36
3 історії зварювання	
■ Микола Миколайович Бенардос. <i>О. М. Корнієнко</i>	38

CONTENTS

News in Equipment and Technology	3
Industrial experience	
■ Advancement of Welding Transformers. <i>I. Zaruba, V. Andreev, V. Dymenko, V. Titov</i>	6
■ Materials and Equipment for Welding of Electrochemical Protection Outlets on Header Pipelines. <i>G. Zhuk, V. Loginov, V. Vaskovskij, V. Shishkovskij</i>	10
■ New Electrodes and Technology for High-Strength Steels Construction Manufacturing. <i>L. Mikhoduj, V. Pozdniakov, S. Kasatkin</i>	12
■ Enhancing of wearability of details of titanium alloys. <i>V. Peremitko</i>	13
■ Comparison of monocrystal and polycrystal lanthanum-boride cathodes for electronic welding guns. <i>P. Loboda, A. Kajdalov</i>	14
Our consulting	26
Welder's practice	
■ Thermal treatment of welding joints. Part 5. Technology of thermal treatment of pipelines. <i>P. Korolkov</i>	28
Technology and equipment	
■ «ABICOR BINZEL» hand cutters for air-arc chipping. <i>Yu. Didus</i>	32
■ «TRUMPH» instrument for edges preparation before welding. <i>E. Zaigermann</i>	34
Conferences	
■ Jubilee conference of welders of Ural. <i>Z. Sidlin</i>	35
Trip through out the magazines for welders	
■ Typical constructive-technology defects of equipment for hand gas-flame treatment of metals. <i>O. Kapustin</i>	36
From the history of welding	
■ Nickolaj N. Benardos. <i>A. Kornienko</i>	38

Полуавтомат ВСТ 457 с синергетическим управлением

С 2000 г. на заводе ООО «Фрониус-Факел» (с. Княжичи) начато производство нового полуавтомата ВСТ 457. Полуавтомат включает в себя источник питания со встроенным или отдельно стоящим четырехроликowym механизмом подачи и установлен на легко передвигаемой тележке.

Полуавтомат предназначен для сварки в среде защитного газа сплошной и порошковой проволоками низкоуглеродистых и низколегированных сталей, а также алюминиевых сплавов.

Встроенные базовые программы технологии сварки сталей и алюминия значительно упрощают работу сварщика при выборе режимов сварки, позволяют увеличить производительность и обеспечить стабильное качество.

Цифровые индикаторы тока, напряжения и скорости подачи присадочной проволоки с функцией памяти дают возможность контролировать режимы сварки ответственных соединений сварщикам, технологам и персоналу, контролирующему технологический процесс.

Сварочная механизированная установка (полуавтомат) ВСТ 457 обеспечивает хорошее формирование металла шва при сварке во всех пространственных положениях благодаря применению синергетического управления (до 20 программ) режимами сварки. Выносной механизм подачи может располагаться на расстоянии до 20 м от источника питания и имеет плавное регулирование скорости подачи сварочной проволоки.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380±15%
Потребляемый ток при ПВ=100%, А	15,9
Кoeffициент полезного действия, %	80
Диапазон сварочного тока, А	30–450
Сварочный ток, А, при:	
10 мин/40 °С, 40% ПВ	450
10 мин/40 °С, 60% ПВ	360
10 мин/40 °С, 100% ПВ	280
Напряжение холостого хода, В	54
Рабочее напряжение (МИГ/МАГ), В	15,8–39,0
Габаритные размеры, мм	895×465×860
Масса, кг	146
Масса механизма подачи, кг	17

В. Бондаренко,
ООО «Фрониус-Факел» (г. Бровары)



Ограничитель-стабилизатор сварочной дуги ТОН-2СД

ОАО «ЭЛМИС» приступило к производству ограничителя-стабилизатора сварочной дуги ТОН-2СД, обеспечивающего устойчивое горение сварочной дуги, автоматическое снижение напряжения холостого хода (до 12 В) после размыкания сварочной цепи. Возможно его использование с любым серийно выпускаемым трансформатором для ручной дуговой сварки с напряжением холостого хода 45–80 В.

Применение ТОН-2СД дает возможность:

- уменьшить потребление электроэнергии сварочным трансформатором в режиме холостого хода;
- улучшить зажигание сварочной дуги;

- обеспечить стабильное горение дуги переменного тока;
- уменьшить разбрызгивание электродного металла при сварке;
- выполнять сварку переменным током покрытыми электродами типа УОНИ, ОЗЛ, ЦЛ и т. п., предназначенными для сварки постоянным током.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	220/380
Потребляемая мощность, Вт, не более	265
Амплитуда импульсов стабилизации, В, не более	500
Частота следования импульсов стабилизации, Гц	100
Габаритные размеры, мм	100×300×420
Масса, кг, не более	12

ОАО «ЭЛМИС»

Сварочный выпрямитель для сварки в угольных шахтах

ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования» освоило производство однопостового сварочного выпрямителя КАЭС 001 с механическим регулированием сварочного тока для сварки, резки и наплавки металлических конструкций в особоопасных условиях на предприятиях угольной промышленности. Выпрямитель оснащен устройством ограничения напряжения холостого хода.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	380
Номинальный сварочный ток при ПВ=40%, А	400
Номинальное рабочее напряжение, В	36
Предел регулирования сварочного тока, А	100–400
Напряжение холостого хода, В	12
Габаритные размеры, мм	1200×755×880
Масса, кг	36

ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования»

Правильно-отрезной станок АР-03М



Правильно-отрезной станок АР-03М предназначен для рубки и правки сварочной проволоки диаметром от 1,6 до 6,0 мм на стержни длиной от 250 до 150 мм.

В новом станке реализован ряд оригинальных конструктивных решений, что позволяет уменьшить энергозатраты (установленная мощность 3,3 кВт), повысить точность рубки стержней до $\pm 0,5$ мм, обеспечить производительность рубки (для стержней длиной 450 мм) до 230 шт./мин., уменьшить уровень шума при рубке. Легкий доступ ко всем узлам и деталям дает возможность быстро (до 15 мин) осуществлять наладку на другой типоразмер стержня.

В новом станке установлен тянущий регулируемый ролик из износостойкого материала, что исключает необходимость смены ролика при наладке на другой диаметр проволоки.

В комплект со станком входит новое размоточное устройство, вследствие чего общая длина зоны рубки уменьшилась до 6,1 м, а площадь комплекса — до 12 м².

Высокая скорость вращения правильного семисухарного барабана (до 8500 об/мин) позволяет править проволоку из углеродистой и высоколегированной сталей, а также цветных металлов (медь, алюминий).

С. З. Максимум,
«ВЕЛМА» (Киев)

Новое оборудование для местной термообработки сварных соединений

ООО «Ремонтно-строительное предприятие «Алексий» (Пермь) разработало и начало выпуск программной установки «Термо-1600», использующей в качестве средств нагрева все виды электронагревателей сопротивления и комбинированного действия.

Мощность установки позволяет проводить подогрев для сварки и местную термообработку с нагревом до 1000 °С сварных соединений трубопроводов и сосудов диаметром до 2500 мм, работающих под давлением.

Установка обеспечивает автоматическое регулирование цикла термообработки (нагрев с определенной скоростью

до 600 °С/с, выдержку, охлаждение) по набранной программе на одном из двух программных устройств. Каждый канал нагрева, независимо от других каналов, может работать по одной из двух программ. Допускается ручное регулирование процесса термообработки.

Заданное значение и реальную температуру нагрева показывают цифровые индикаторы. Контроль и регистрация температуры нагрева при термообработке по всем каналам нагрева осуществляется автоматическим регистрирующим потенциометром ФЦЛП-502-14. Информация о скорости нагрева, наличии фаз, работе вентиляторов охлаждения и тиристоров поступает со светодиодных индикаторов.

Установку можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха от +10 до 35 °С, поэтому ее размещают в специальном фургоне размером 4500×2500×2000 мм (вместе с установ-

кой для полуавтоматической воздушно-плазменной резки стали и цветных металлов толщиной до 80 мм), возможно ее размещение в кабинах меньших размеров. Установка выполнена в однокорпусном исполнении: в верхней части расположены приборы набора программы, регулировки и контроля цикла термообработки, а в нижней части — источник питания (трехфазный трансформатор), а также электронные устройства для регулировки силы тока в каналах нагрева.

С помощью установки «Термо-1600» можно проводить термообработку, используя все широко известные электронагреватели сопротивления типа ГЭН и комбинированного действия типа КЭН (КЭН-1, КЭН-2, КЭН-3, КЭН-4). Возможна групповая термообработка, например, одновременно до 12 сварных соединений диаметром 159–168 мм или до 6 сварных соединений диаметром 219–325 мм по одной или двум программам.

Установка «Термо-1600» имеет Сертификат соответствия, выданный Госстандартом России, и «Гигиеническое заключение», выданное Министерством здравоохранения России, что позволяет использовать эту установку за пределами России.

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

Техническая характеристика установки:

Напряжение (трехфазная сеть, частота 50 Гц), В	380
Число независимых каналов нагрева, шт.	6
Сила тока по каналам I–VI соответственно, А	80, 160, 240, 320
Максимальное рабочее напряжение на каждом канале нагрева, В	100
Максимальная мощность электронагревателей на каждом канале, кВт·А	32
Максимальная мощность нагрева всей установки, кВт·А	192
Максимальная потребляемая мощность установкой из сети, кВт·А	200
Охлаждение	Воздушно-принудительное
Габаритные размеры, мм	1000×1650×450
Масса, кг	700

Сварочный полуавтомат с синергетическим управлением SYNERMIG-401

Полуавтомат SYNERMIG-401 предназначен для полуавтоматической дуговой и импульсно-дуговой сварки плавящейся электродной проволокой в среде защитных газов (режим МИГ/МАГ) всех видов металлов и сплавов, в том числе алюминия и его сплавов, а также для ручной дуговой сварки покрытыми электродами (режим ММА).

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В 3×380 (50 Гц)
 Номинальный сварочный ток, А, при ПН=100% 400
 Пределы регулирования сварочного тока, А 23–430
 Напряжение холостого хода, В 58
 Потребляемая мощность, кВ·А 23
 Диаметр электродной проволоки (стальная и алюминиевая), мм 0,8; 1,0; 1,2; 1,6
 Скорость подачи электродной проволоки, м/мин 0,8–20
 Габаритные размеры, мм:
 источника 965×510×880
 подающего механизма 776×257×385
 Масса, кг:
 источника 110
 подающего механизма 13,5
 Полуавтомат оснащен современным инверторным источником, который вза-

имодельствует с подающим механизмом ZP-26 и системой стабилизации скорости подачи электродной проволоки.

Источник имеет систему микропроцессоров, которая контролирует рабочий цикл и сварочные параметры при сварке. Современная система контроля позволяет подобрать оптимальные сварочные параметры в зависимости от типа и марки свариваемого материала, защитного газа, диаметра и типа электродной проволоки.

Устройство полуавтомата позволяет подключить регистрирующий модуль для измерения, записи и вывода на печать сварочных параметров: сварочного тока, напряжения, скорости подачи проволоки, количество расхода проволоки и времени сварки.

Основные преимущества полуавтомата SYNERMIG-401:

- 100%-я продолжительность работы при номинальном сварочном токе 400 А;
- возможность записывать в память до 16 программ различных режимов сварки благодаря микропроцессорной системе полуавтомата;
- высокое качество формирования сварочного шва, не требующего последующей механической обработки перед нанесением лакокрасочного покрытия;
- легкость подбора с помощью системы синергетического управления оптимальных сварочных параметров в зависимости от типа, марки и толщины свариваемого материала, защитного газа, диаметра и типа сварочной проволоки;
- минимальный расход сварочной проволоки за счет отсутствия разбрызгивания при сварке;



- возможность сварки всех видов металлов, в том числе алюминия и его сплавов, а также возможность ручной дуговой сварки электродами с основным и целлюлозным покрытиями;
- наличие режима импульсно-дуговой сварки;
- применение цифровой системы индикации для установки и контроля сварочных параметров;
- возможность подключения регистрирующего модуля для записи и вывода на печать сварочных параметров.

С. И. Гриценко,
 ОАО «Фирма СЭЛМА»

Выставочный центр «ЭКСПОНИКОЛАЕВ» приглашает Вас 23–25 мая 2001 г. принять участие в VII международной выставке

«СУДОСТРОЕНИЕ»

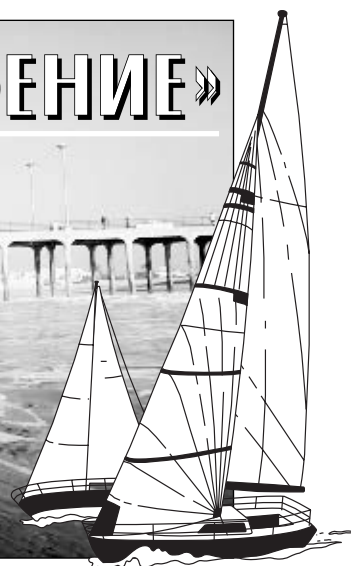
В экспозиции:

- ◆ проекты и технологии;
- ◆ корабли и суда;
- ◆ маломерные суда, катера и яхты;
- ◆ судовое оборудование, комплектация и материалы;
- ◆ портовое оборудование;
- ◆ судоремонт;
- ◆ перспективы развития судостроения;
- ◆ презентация специальной экономической зоны НИКОЛАЕВ.



Время работы с 10.00 до 18.00

Мы ждем Вас по адресу: Украина, 54017 г. Николаев, пл. Судостроителей, 3-Б, Выставочный центр «ЭКСПОНИКОЛАЕВ»
 Справки по тел./факсу: (0512) 36-22-06; 37-44-75; 36-31-62;
 37-40-23; 36-02-49. E-mail: expo@biz.mk.ua



Совершенствование сварочных трансформаторов

И. И. Заруба, д-р техн. наук, В. В. Андреев, В. В. Дыменко, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, В. А. Титов, инж., Опытный завод сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона

Сварочные трансформаторы в качестве источников питания дуги переменным током находят широкое применение во многих отраслях промышленности, в строительстве, на предприятиях агропромышленного комплекса. По сравнению с источниками питания постоянного тока (выпрямителями, генераторами) трансформаторы проще, легче, надежнее, долговечнее, экономичнее в изготовлении и эксплуатации. Сварочные трансформаторы эксплуатируют в более жестких климатических условиях и на более производительных режимах. Последнее объясняется тем, что при сварке переменным током практически не наблюдается магнитное дутье.

Основной недостаток сварочных трансформаторов — невысокая стабильность горения дуги, вызванная периодическими переходами сварочного тока через нулевые значения при смене полярности на электроде и изделии. На стабильность горения дуги переменного тока при сварке плавящимся электродом оказывает неблагоприятное влияние не только прохождение сварочного тока через нулевое значение, но и отрыв крупных капель в конце полупериода тока, когда столб дуги сокращается. При этом дуговой промежуток настолько деионизируется, что повторное зажигание дуги становится невозможным. Повышение стабильности горения дуги может быть достигнуто следующими путями:

- понижением эффективного потенциала ионизации плазмы в столбе дуги за счет введения в дуговой промежуток легкоионизируемых веществ через электродную проволоку либо обмазку;
- увеличением эмиссии электронов в результате легирования проволоки элементами с малой работой выхода электронов;
- повышением напряжения холостого хода сварочных трансформаторов;
- применением источников питания переменного тока с прямоугольной формой волны;
- повышением частоты сварочного тока или наложением на ток основной частоты колебаний повышенной частоты;
- применением различных приставок к стандартным сварочным трансформаторам, например, устройств импульсной стабилизации горения дуги (УСГД).

Саму идею импульсного повторного поджигания дуги еще в 1954 г. предложил акад. Б. Е. Патон. С тех пор были разработаны различные устройства, позволяющие в той или иной степени реализовать идею подачи дополнительной энергии в дуговой промежуток, достаточной для надежного повторного зажигания дуги. ИЭС им. Е. О. Патона является родоначальником работ в области создания УСГД и продолжает развивать их разработку с учетом новых представлений о явлениях, сопровождающих перенос металла в дуговом промежутке, и современных достижений электроники.

Поскольку использование сварочных трансформаторов в сочетании с УСГД весьма перспективно в плане повышения стабильности горения дуги и не требует существенных материальных затрат и изменения технологии сварки, здесь рассматривается именно такой путь совершенствования сварочных трансформаторов.

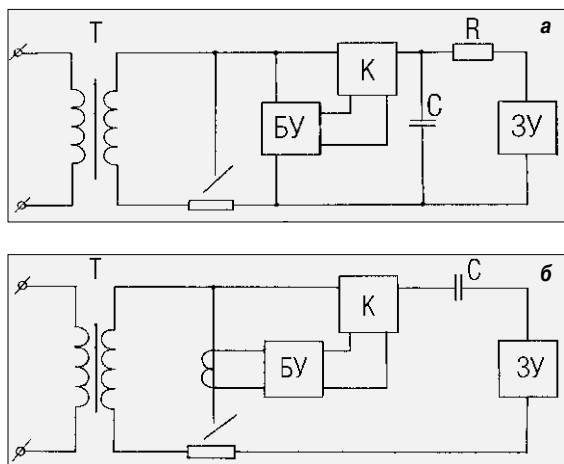
В основу работ по созданию УСГД положено изучение факторов, влияющих на устойчивость горения дуги, в том числе переноса электродного металла и электро-

магнитных процессов при повторном зажигании дуги в системе «сварочный трансформатор — УСГД». К разрабатываемым УСГД предъявляют следующие основные требования: надежность, простота изготовления, универсальность (возможность подключения к любому стандартному трансформатору для ручной дуговой сварки), малые габаритные размеры и массу, экономичность изготовления и эксплуатации, долговечность в различных условиях работы, невысокую стоимость.

Перечисленным требованиям в наибольшей мере удовлетворяет УСГД, собранный по схеме, включающей последовательно соединенные источник питания переменного тока, конденсатор и коммутатор. Принцип действия такого устройства, как и любого генератора импульсов, основан на том, что конденсатор за конечный промежуток времени заряжается до определенного напряжения, а затем разряжается на дуговой промежуток. Момент введения импульса энергии необходимо выбрать с высокой точностью. Экспериментально установлено, что наиболее целесообразна подача стабилизирующего импульса после перехода сварочного тока через нулевое значение и достижения на дуговом промежутке напряжения 5–10 В. Стабилизатор дуги фактически повторно зажигает дугу в распадающейся плазме и поддерживает горение, пока сварочный трансформатор не подхватит ее.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана серия генераторов импульсов для стабилизации дугового разряда, имеющих общие конструктивные особенности. Обычно стабилизатор (рис. 1) состоит из зарядного устройства ЗУ, конденсатора С, коммутатора К и блока управления БУ. Конденсатор можно подключать через коммутатор либо параллельно (рис. 1, а), либо последовательно (рис. 1, б) со сварочной дугой и зарядным устройством. Блок управления коммутатором может работать с обратной связью по паде-

Рис. 1. Структурная схема УСГД и варианты подключения его к сварочной цепи



нию напряжения на дуге (или между электродом и изделием при отсутствии последней). Он обеспечивает запуск коммутатора как в процессе сварки, так и во время холостого хода сварочного трансформатора T . Блок управления должен отличать переход сварочного напряжения через нулевое значение от коротких замыканий, когда напряжение дуги тоже практически падает до нуля. В этом случае более предпочтительна схема стабилизатора, управление коммутатором которого осуществляется с помощью обратной связи по току сварки (см. рис. 1, б). Такой способ управления обеспечивает не только высокую синхронность подачи стабилизирующего импульса при смене полярности на электроде, но и полную нечувствительность схемы управления к коротким замыканиям. Этот принцип управления был использован при разработке некоторых типов УСГД.

УСГД могут быть как автономными (с независимым питанием), так и встроенными непосредственно в сварочный трансформатор. Во втором варианте УСГД представляется более простым и энергетически выгодным прибором. Для зарядки конденсатора и питания схемы управления сварочный трансформатор T кроме силовых обмоток $W1$ и $W2$ снабжен дополнительной слаботочной обмоткой $W3$ (рис. 2). Здесь коммутатор собран на тиристорах $VS1$ и $VS2$. Схема управления $БУ$ обеспечивает подачу стабилизирующего импульса всякий раз, когда исчезает сварочный ток, а при случайных обрывах дуги — при максимальном напряжении на вторичной обмотке сварочного трансформатора. УСГД настраивают таким образом, чтобы

направление стабилизирующих импульсов, посылаемых в дуговой промежуток, было обратным направлению сварочного тока $I_{св}$ (рис. 3). Тогда наводимая от этого импульса ЭДС во вторичной обмотке трансформатора будет складываться с напряжением повторного зажигания дуги, благодаря чему эффективность стабилизации еще более повышается. После прекращения сварки УСГД работает около одной секунды, а затем автоматически отключается.

К настоящему времени в ИЭС им. Е. О. Патона разработано несколько типов промышленных образцов УСГД: СД-2, СД-3, СД-4, СД-100М. Эти устройства имеют два исполнения: автономные и встраиваемые в сварочный источник питания. УСГД типа СД-2 и СД-100М изготовляют только в автономном исполнении, т. е. с отдельным источником питания управления коммутатором и для зарядки коммутируемого конденсатора. Их выполняют в виде отдельных приборов, которые можно подключить к любому стандартному трансформатору для ручной дуговой сварки. Как следует из табл. 1, масса автономных УСГД сравнительно невелика. Большую ее часть (около 80%) составляет масса металлического корпуса

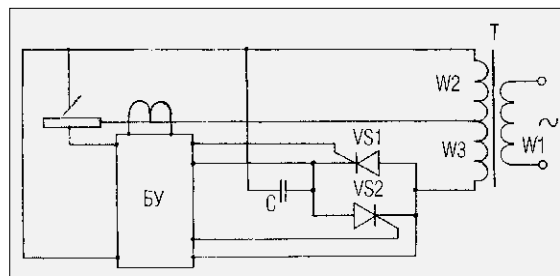


Рис. 2. Схема включения УСГД, встраиваемого в сварочный трансформатор

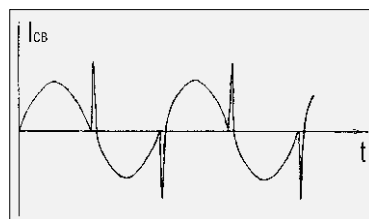


Рис. 3. Кривые сварочного тока и стабилизирующих импульсов



Рис. 4. Внешний вид УСГД типа СД-3 (автономное исполнение)

Таблица 1. Технические характеристики УСГД

Параметр	Автономные		Встраиваемые			
	СД-2	СД-100М	СД-3	СД-3	УСГД-1У2	УСГД-4М
Напряжение питания, В	220	380	380	45	45	45
Частота следования стабилизирующих импульсов, Гц	50	100	100	100	200	100
Габаритные размеры, мм, не более	390×190×110	350×270×180	340×210×150	290×220×80	290×220×80	125×115×55
Масса, кг, не более	5	7	6,5	1,5	2,5	0,4

Таблица 2. Сравнительные технологические показатели сварочных трансформаторов без подключения и с подключением УСГД

Электрод	d, мм	I_2 , А	U_2 , В	ТДМ-503У2 ($U_{х.х}=82$ В)				ТДМ-503У2+СД-3 ($U_{х.х}=83$ В)							
				k_n , %	a_n , г/(А·ч)	v , мм/(А·ч)	B , баллы	k'_n , %	a'_n , г/(А·ч)	v' , мм/(А·с)	B' , баллы	α_1	α_2	α_3	α_4
УОНИ-13/55	5	220	24	7,34	8,71	1,59	19,4	5,50	8,9	1,67	22,0	25	2,2	5	13
УОНИ-13/45	4	140	22	3,01	8,56	2,38	20,7	1,88	8,8	2,54	23,8	36	2,8	7	15
ОЗЛ-8	4	120	25	5,43	12,50	3,26	17,0	5,08	12,9	3,95	19,8	6	3,0	21	16
МР-3	4	210	23	10,4	7,73	2,30	20,2	7,44	8,01	2,40	21,5	29	3,6	4	4
АНО-4	4	195	24	12,4	8,72	2,67	21,7	12,30	8,94	2,75	22,3	1	2,5	3	3
АНО-4	3	120	25	10,9	8,62	4,61	21,9	9,63	8,81	4,93	22,8	12	2,2	7	4

Примечание. I_2 , U_2 — соответственно ток и напряжение во вторичной цепи; k_n — коэффициент потерь; a_n — коэффициент наплавки, отнесенный к единице сварочного тока; v — скорость расплавления, отнесенная к единице сварочного тока; B — суммарный показатель сварочных свойств, определенный по ГОСТ 25616-83; α_i — коэффициенты относительного изменения показателей:

$$\alpha_1 = \frac{k' - k}{k} \cdot 100\%; \quad \alpha_2 = \frac{a' - a}{a} \cdot 100\%; \quad \alpha_3 = \frac{v' - v}{v} \cdot 100\%; \quad \alpha_4 = \frac{B' - B}{B} \cdot 100\%.$$

Совершенствование сварочных трансформаторов

и трансформатора для зарядки коммутируемых конденсаторов. Встраиваемые стабилизаторы значительно легче и дешевле автономных. УСГД типа СД-3 выпускают в автономном (рис. 4) и во встраиваемом исполнении. Одна из последних модификаций УСГД-4М собрана на миниатюрных элементах, что позволило снизить его массу до 0,4 кг.



Рис. 5. Трансформатор СТШ-252 со встроенным УСГД-4М



Рис. 6. Трансформатор ТДК-315У2 («Разряд-315»)



Рис. 7. Источник питания УДС-251У2 и встраиваемый УСГД-4М

Все УСГД в основном предназначены для работы с трансформаторами, имеющими напряжение холостого хода не ниже 60 В. УСГД-1У2 и УСГД-4М можно подключать к работе со сварочными трансформаторами с пониженным (до 45 В) напряжением холостого хода. Эти УСГД выпускают только как встраиваемые приборы для комплектации ими сварочных трансформаторов в процессе их изготовления.

УСГД типа СД-2 вырабатывают и передают в дуговой промежуток один импульс энергии в течение того полупериода переменного синусоидального сварочного тока, когда на электрод поступает напряжение положительной полярности, т. е. частота следования импульсов составляет 50 Гц. УСГД типа СД-3 и СД-100М генерируют импульсы с частотой 100 Гц в начале каждой полуволны сварочного напряжения. УСГД типа УСГД-1У2 посылают импульсы с частотой 200 Гц, т. е. в течение полупериода подаются два импульса: один — сразу же после перехода сварочного тока через нуль, другой — через 2–3 мс после первого. Перечисленные УСГД без каких-либо конструктивных и схемных изменений могут быть подключены к питающей сети с частотой 60 Гц.

УСГД расширяют технологические возможности сварочных трансформаторов. Так, серийные сварочные трансформаторы, имеющие напряжение холостого хода не ниже 60 В, в сочетании с автономными или встраиваемыми УСГД позволяют производить ручную дуговую сварку углеродистых сталей электродами УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ВИ-10-6, АНО-10, ЦЧ-4, ОЗЛ-8, ЦЛ-11 и другими, предназначенными для сварки постоянным током, а также аргонодуговую сварку неплавящимся электродом нержавеющей стали, алюминия и его сплавов в тех случаях, когда допускается контактный способ начального зажигания дуги (касанием электрода с изделием или предварительно с графитовой пластиной).

В табл. 2 приведены значения показателей расплавления и суммарного показателя сварочных свойств серийного трансформатора ТДМ-503У2 без УСГД и с УСГД+СД-3, полученные при ручной дуговой сварке различными электродами, а также коэффициенты относительного их изменения α_r . Из данных табл. 2 видно, что УСГД способствует улучшению практически всех показателей, что

особенно заметно при сварке электродами, предназначенными для сварки постоянным током.

В настоящее время базовой схемой для разработки стабилизаторов является модель УСГД-4М. По надежности и долговечности он не уступает любому серийному сварочному трансформатору.

Опыт применения различных модификаций УСГД позволил выявить ряд их достоинств. Прежде всего, используя УСГД в сочетании со сварочным трансформатором, сварку ответственных изделий может выполнять сварщик более низкой квалификации. Улучшается качество сварного шва, экономится электроэнергия, растет производительность сварки за счет повышения стабильности процесса, появляется возможность применять более производительные электроды, увеличивается доля времени горения дуги в общем времени работы сварщика, уменьшается разбрызгивание металла (последнее особенно проявляется при сварке электродами с основным покрытием).

В ИЭС им. Е. О. Патона разработано несколько моделей сварочных трансформаторов со встроенными УСГД, рассчитанных на токи 160, 250 и 315 А. К ним относятся: устройство питания сварочной дуги типа «Разряд» на 160 и 250 А, трансформатор ТДК-315У2 и дуговая специальная установка УДС-251У2. Опытный завод сварочного оборудования (ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона) освоил серийный выпуск трансформатора СТШ-252 (рис. 5) со встроенным УСГД-4М (табл. 3).

Источники типа «Разряд» позволяют регулировать сварочный ток плавно-ступенчато без использования подвижных узлов в конструкции. Ступенчатое регулирование обеспечивается переключателем. Плавное регулирование тока в диапазоне ступеней осуществляется благодаря навивке сварочного кабеля в одну или другую стороны. Источники отличаются высокой надежностью, удобны в эксплуатации. Им присущи и перечисленные выше достоинства сварочных трансформаторов с УСГД.

Трансформатор ТДК-315У2 (рис. 6) имеет пониженное до 45 В напряжение холостого хода. Это стало возможным благодаря подаче в дуговой промежуток импульсов энергии с частотой 200 Гц. В принципе технологические показатели остаются практически без каких-либо

изменений и при частоте следования импульсов 100 Гц. Как видно из данных табл. 4, показатели расплавления и суммарный показатель сварочных свойств источников питания с напряжением холостого хода 45 и 60 В имеют весьма близкие значения. В то же время энергетические показатели существенно отличаются. Для сравнения энергетических затрат применены коэффициенты наплавки k_n и b_n . При сварке на равных режимах у источника питания ТДК-315У2, имеющего напряжение холостого хода 45 В, потребляемая мощность и активные потери ниже, чем у «Разряда-250» с напряжением холостого хода 60 В. Снижение напряжения холостого хода сварочного трансформатора позволяет сэкономить активные материалы при изготовлении источника питания, а также электроэнергию при его эксплуатации. Понижение напряжения холостого хода до 45 В способствует улучшению условий безопасности при проведении сварочных работ.

Одна из последних моделей сварочных трансформаторов со встроенным УСГД-4М — это источник питания типа УДС-251У2 (рис. 7). При всех достоинствах, свойственных сварочному трансформатору с УСГД, источник УДС-251У2 имеет дополнительные возможности: плавное (дистанционное и местное) регулирование сварочного тока в широком диапазоне, низкочастотную модуляцию сварочного тока, «горячий» старт при сварке плавящимся электродом, «холодный» старт при сварке неплавящимся электродом, стабилизацию горения дуги. УДС-251У2 имеет сравнительно малую массу (не более 50 кг) и несложную электрическую схему, собираемую из легкодоступных комплектующих изделий. По своим технологическим возможностям он практически не уступает инверторному источнику и в несколько раз дешевле его.

В ИЭС им. Е. О. Патона проверялась принципиальная возможность многопостовой сварки переменным током от общего трансформатора с жесткой внешней характеристикой и постовыми регуляторами тока. Эти регуляторы состоят из компактного дросселя и УСГД, вход которого подключен к дополнительной обмотке, размещенной на магнитопроводе дросселя. Таким образом, функцию развязки постов и регулирования сварочного тока выполняет дроссель, а надежное повторное зажигание дуги обеспечивает

Таблица 3. Технические характеристики источников питания со встроенными УСГД

Параметр	«Разряд-250»	«Разряд-160»	ТДК-315У2	СТШ-252	УДС-251У2
Напряжение питания, В	380	220	380	220/380	380
Номинальный первичный ток, А	39	43	40	43/74	35
Номинальный сварочный ток при ПН=20%, А	250	160	315	250 (40%)	250
Регулирование сварочного тока	Плавно-ступенчатое	Плавно-ступенчатое	Плавно-ступенчатое	Плавное	Плавное, местное и дистанционное
Пределы регулирования сварочного тока, А	90-250	60-160	100-340	70-260	50-270
Напряжение холостого хода, В	60	60	45	65	45
Номинальное рабочее напряжение, В	30	26	32	30	30
Частота стабилизирующих импульсов, Гц	100	100	200	100	100
КПД, %	69	69	75	78	80
Коэффициент мощности (cos φ)	0,55	0,55	0,7	0,5	0,8
Габаритные размеры, мм	480×350×310	480×350×310	470×420×350	545×400×560	470×420×350
Масса, кг, не более	50	42	60	50	50

Таблица 4. Сравнительные технологические и эксплуатационные показатели источников питания с различными $U_{х.х}$

Параметр	ТДК-315У2	И-120У3
Напряжение холостого хода, В	45	60
Первичный ток, А	24/24	34/35
Первичное напряжение, В	375/378	378/378
Ток дуги, А	190/188	190/188
Напряжение на дуге, В	25/23	25/24
Активная потребляемая мощность, кВт	5,20/4,50	5,50/4,95
Коэффициент потерь, %	8,2/2,6	8,4/3,7
Скорость распада электрода, мм/(А·с)	277/177	267/177
Коэффициент наплавки, г/(А·ч)	9,10/9,50	8,80/9,37
Масса наплавленного металла, приходящаяся на единицу отбираемой в процессе наплавки от сети энергии k_n , г/(В·А·ч)	0,188/0,197	0,128/0,134
Масса наплавленного металла, приходящаяся на единицу потребляемой во время наплавки энергии b_n , г/(В·ч)	0,332/0,397	0,304/0,356
Суммарный показатель сварочных свойств источника, определяемый по ГОСТ 25616-83, баллы	23,0/23,5	23,0/23,5

Примечание. В числителе приведены значения, полученные при сварке электродом АНО-6 диаметром 4 мм, в знаменателе — УОНИ-13/55 диаметром 5 мм.

УСГД. Постовые устройства (регуляторы) подключают к общему трансформатору либо через шинопровод, либо непосредственно к его выходным клеммам.

Представляется перспективным использование УСГД и при механизированной сварке переменным током плавящейся электродной проволокой в защитных газах. Эксперименты показали, что при таком использовании переменного тока лучшие результаты достигаются за счет объединения металлургических, технологических и электротехнических средств повышения стабильности процесса сварки. Хорошие результаты получены при сварке в углекислом газе электродной проволокой, легированной редкоземельными элементами, а также про-

волокой Св-08Г2С в смеси аргона с углекислым газом. Преимущества этого процесса по сравнению с процессом сварки на постоянном токе особенно проявляются в случае возникновения опасности магнитного дутья.

Таким образом, оснащение сварочных трансформаторов устройствами стабилизации горения дуги расширяет технологические возможности сварки переменным током, обеспечивает повышение качества и производительности работ. Применяя эти устройства, можно понизить напряжение холостого хода сварочных трансформаторов, сократив расход материалов, затрачиваемых на их изготовление, и потери электроэнергии при эксплуатации. ■ #97

Материалы и оборудование для приварки выводов системы электрохимической защиты на магистральных трубопроводах

Г. В. Жук, В. П. Логинов, ЗАО «Укрспецтерм», В. П. Васьковский, ГАО МН «Дружба», В. А. Шишковский, ДК «Укртрансгаз» (Киев)

Присоединение выводов электрохимической защиты (ЭХЗ) не относится к компетенции службы главного сварщика, эти работы выполняют подразделения управления электрохимической защиты.

Состояние защиты трубопровода от коррозии контролируют мобильные лаборатории службы ЭХЗ. Оперативное восстановление выводов ЭХЗ в случае обрыва либо повреждения возможно при наличии в составе лаборатории необходимого оборудования и материалов, а также при использовании соответствующих способов сварки, что значительно повышает эффективность обследования трубопроводов в полевых условиях, а следовательно сокращает количество выездов на поврежденный участок.

Алюмотермический способ сварки выводов обеспечивает получение надежных, стойких к коррозии соединений. При алюмотермической сварке не требуется внешний источник питания. Температура на поверхности трубопровода при сварке кратковременно может достигать 1000 °С, а на глубине 2 мм — 400 °С, чего невозможно обеспечить при дуговых способах. Для построения антикоррозионной защиты при помощи этого способа можно сваривать медный кабель сечением от 2,5 до 200 мм², сплошные медные проводники любой формы сечением до 20 000 мм², а также приваривать

медные или стальные проводники к любым металлоконструкциям, включая трубопроводы высокого давления.

В настоящее время для приваривания выводов ЭХЗ на трубопроводы диаметром до 1420 мм включительно из сталей с временным сопротивлением разрыву более 550 МПа используют графитовые многоразовые тигель-формы марки ТФТ с медным термитом и термитные одноразовые керамические патроны (рис. 1).

Термитную смесь зажигают при помощи термитной спички, которую вставляют через запальное отверстие крышки тигель-формы.

Графитовые тигель-формы сравнительно недолговечны, быстро изнашиваются в процессе эксплуатации, разрушаются при транспортировке, после сварки они требуют очистки, при использовании их на трубах разных диаметров необходимо производить притирку к поверхности трубы для обеспечения плотного прилегания формы, что приводит к дополнительному изнашиванию тигель-формы. Кроме того, определенные трудности возникают при использовании термитного порошка: в процессе хранения и транспортировки происходит сепарация составляющих компонентов, поэтому требуется тщательное перемешивание смеси и ее прокаливание перед использованием, что неудобно проводить в полевых условиях, также сложно точно отмерять требуемую порцию смеси. Все это может привести к некачественной приварке выводов ЭХЗ.

Термитные керамические одноразовые патроны типа ТППГ-2,5/16 (рис. 2) позволяют устранить недостатки, которые связаны с использованием тигель-форм. Патрон состоит из керамического стакана специальной формы на термостойкой связке, термосмеси, медной

мембраны, зажигающей смеси и иницирующей смеси. Такая конструкция патрона дает возможность применять его для всех диаметров труб. Керамическая оболочка имеет низкую теплопроводность, в результате чего снижается количество термосмеси и тепловая нагрузка на поверхность трубы. Качество сварки зависит практически только от подготовки поверхности трубы (патрон полностью снаряжен для сварки) и не зависит от квалификации оператора.

Кроме того, с помощью патрона можно приваривать к трубопроводу не только проводники круглого или прямоугольного сечения, но и медные или стальные наконечники (рис. 3). Это позволяет обеспечивать непосредственное присоединение к трубопроводу алюминиевых кабелей медными лужеными наконечниками. При необходимости можно приваривать к трубопроводу стальные детали, например из углового проката. Термитными патронами специальной формы можно приваривать выводы к вертикальной поверхности, а также выводы к трубе через промежуточную пластину с припоём, что позволяет значительно снизить тепловую нагрузку на трубу.

Для получения объективной оценки качества металла в зоне сварки выводов ЭХЗ в ИЭС им. Е. О. Патона были исследованы образцы труб из стали марок 19Г и 14ГН, эксплуатируемых в системе нефтепроводов «Дружба». Образцы были вырезаны из труб диаметром 720×8 мм после эксплуатации в течение 30 лет.

Проведенные исследования показали, что присоединение выводов ЭХЗ методом термитной сварки не приводит к возникновению трещин в металле труб из низколегированных марок стали, усилению сплошной коррозии в зоне сварки; изменение прочности и пластичности при испытании не обнаружено.

Рис. 1. Тигель-форма ТФТ для приварки выводов ЭХЗ



Другим способом, который можно рекомендовать для использования при установке на трубопроводы контрольно-измерительных выводов, является ударно-конденсаторная сварка (УКС) — способ стыковой сварки металлических деталей под действием ударной механической нагрузки, предварительно накопленной в конденсаторах энергии, приложенной во время или непосредственно после дугового разряда, который оплавляет соединение поверхности.

Ударно-конденсаторная сварка позволяет гарантированно соединять шпильки диаметром 3–6 мм к листам толщиной 0,5 мм без повреждения обратной стороны детали.

УКС шпилек имеет ряд преимуществ перед другими способами сварки: отсутствие сварочных материалов, высокая производительность, стабильное качество сварных соединений, возможность присоединения шпилек к деталям минимальной толщины.

Процесс ударно-конденсаторной сварки хорошо изучен, но его применение в монтажных и полевых условиях было ограничено из-за отсутствия необходимого оборудования.

УКС практически не используют для присоединения выводов ЭХЗ. В настоящее время уровень развития промышленности позволил разработать компактные переносные устройства для проведения работ в полевых условиях при отсутствии стационарного энергообеспечения.

По заказу ДК «Укртрансгаз» был разработан аппарат модели УКС-169 для ударно-конденсаторной сварки выводов ЭХЗ к трубопроводам. Аппарат имеет простую конструкцию сварочного инструмента с пружинным приводом.

При сварке дуга зажигается между торцом шпильки, на котором расположен выступ малого диаметра, и поверхностью детали. Поскольку плотность тока при касании выступа с поверхностью де-

тали достаточно высокая, то дуга загорается взрывоподобно и оплавляет торец шпильки. После этого под действием осевой силы пружины детали сближаются, и происходит сварка.

Электрическая схема источника питания обеспечивает гальваническую развязку зарядного и разрядного контуров и автоматическое отключение схемы при наличии неисправности сварочного инструмента или при нарушении технологического цикла. Схема управления обеспечивает автоматический заряд батареи конденсаторов, переход в режим готовности после окончания заряда и автоматический подзаряд батареи в режиме ожидания. Необходимую информацию о состоянии схемы получают по приборам, которые выведены на панель управления. Схема источника питания обеспечивает максимальную защиту оператора от поражения электрическим током. Схема включения сварки однопроводная, что исключает разряд батареи без надежного контакта сварочного инструмента с поверхностью трубы.

Шпильки к поверхности трубы приваривают в вертикальном положении. Перед сваркой поверхность трубы с удаленной изоляцией на участке 50×50 мм зачищают абразивом. После сварки соединения контролируют визуально и двукратным изгибанием шпильки на 90°. Испытание на изгиб, хотя и не является количественной характеристикой прочности, позволяет оценить качество сварочного соединения.

Процесс УКС не оказывает термического влияния на металл трубы, так как время сварки измеряется миллисекундами, что обеспечивает большую скорость охлаждения (оценочное значение 300×10^3 °C/с) и небольшие размеры зоны термического влияния (не более 0,25 мм).

Новые материалы для термитной сварки-пайки выводов ЭХЗ и мобильное оборудование для ударно-конденсаторной сварки позволят оснастить службы и



Рис. 2. Приварка медного кабеля к трубе с использованием керамического патрона ТППГ-2,5/16

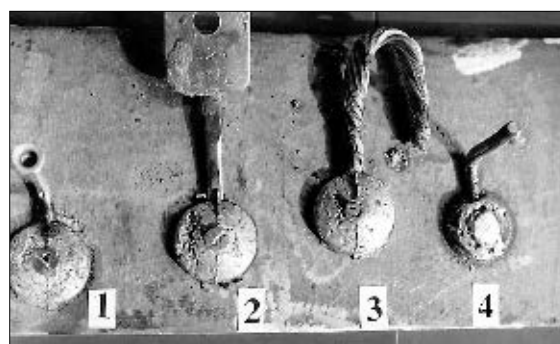


Рис. 3. Примеры (образцы) типичных соединений проводников с трубой, выполненных керамическими патронами (термитным способом): 1, 4 — стальной проводник, 2 — медная шина, 3 — многожильный провод из меди

передвижение лаборатории ЭХЗ необходимыми материалами и оборудованием для комплексного выполнения восстановительных работ на трассе, даже при отсутствии стационарного электропитания. Эти материалы и оборудование делают возможной установку некорродирующих систем заземления и молниезащиты на объектах нефтегазового комплекса.

С введением новых ДСТУ и ВБН проводятся работы по аттестации и сертификации материалов и оборудования для присоединения выводов ЭХЗ, которые будут закончены во II квартале 2001 г.

Совместно с Межотраслевым учебным центром ИЭС им. Е. О. Патона подготовлена программа обучения специалистов по присоединению выводов ЭХЗ к трубопроводам, которая, очевидно, будет утверждена во II квартале 2001 г. После этого будет проводиться подготовка специалистов для всех заинтересованных организаций и выдача удостоверений установленного образца. ■ #98

Техническая характеристика УКС-169:

Напряжение питания, В	220 (50 Гц) или 12
Потребляемый ток, А	До 6
Диаметр шпильки для сварки	От М2 до М8
Материал шпилек	Сталь, медь, титан, медные сплавы
Производительность сварки, шт./мин	До 20
Емкость батареи конденсаторов, мкФ	До 100000
Масса аппарата (без аккумуляторов), кг	8–16 (в зависимости от конструкции батареи)

Новые электроды и технология изготовления конструкций из высокопрочных сталей

Л. И. Миходуй, д-р техн. наук, В. Д. Позняков, С. Б. Касаткин, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

При изготовлении и ремонте крупногабаритных конструкций горнорудной, транспортной, строительно-дорожной и другой техники из низкоуглеродистых легированных сталей с пределом текучести не менее 580 МПа (марок 12ГН2МФАЮ, 14Х2ГМР, 14ХГ2САФД и др.) значительный объем работ выполняют ручной дуговой сваркой. В большинстве случаев это происходит в условиях их эксплуатации: при монтаже и техническом обслуживании.



Рис. 1. Макрошлифы тавровых соединений, выполненных электродами марки АНП-10 (а) и АНП-12 (б)

Выбор электродов и технологических процессов при выполнении особенно восстановительных работ оказывает существенное влияние на эксплуатационную надежность таких конструкций, а именно способность сопротивляться хрупкому, усталостному и другим видам разрушений. В отечественной практике при сварке конструкций из высокопрочных сталей до настоящего времени используют преимущественно электроды марки АНП-2 (тип Э70) или УОНИ-13/55 (тип Э50А). Металл швов, выполненных такими электродами, обладает недостаточной хладостойкостью и прочностью (в случае использования электродов марки УОНИ-13/55). Общим недостатком является также то, что данные электроды не обеспечивают благоприятную форму

швов с плавным переходом к основному металлу, что обуславливает высокие концентрации напряжений в этих участках сварных соединений и, как следствие, недостаточную долговечность.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработано и освоено производство нового поколения экономнолегированных электродов, предназначенных для ручной электродуговой сварки конструкций из высокопрочных сталей с пределом текучести 590–690 МПа (таблица).

В тех случаях, когда сварные соединения подвергают преимущественно воздействию циклических нагружений, то предпочтительно применение электродов марки АНП-12. Их достоинством является обеспечение плавных переходов швов к основному металлу (рис. 1). Результаты механических испытаний показали, что использование электродов АНП-12 взамен ранее применяемых позволяет повышать предел выносливости стыковых соединений в 1,5–1,7 раза, тавровых — в 2 раза.

Установлено, что предел выносливости сварных соединений повышается и при использовании электродов АНП-12 в случае наложения верхних слоев многопро-

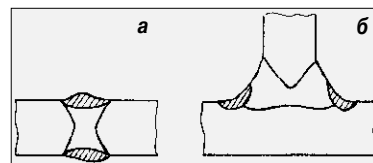


Рис. 2. Схема выполнения стыковых (а) и тавровых (б) соединений с комбинированным использованием электродов АНП-12 (заштрихованные участки) и электродов марок АНП-9, АНП-10 или АНП-11

ходных (стыковых или тавровых) соединений, когда корень шва и большую часть разделки выполняют электродами марок АНП-9, АНП-10 или АНП-11 (рис. 2). Такая технология сварки позволяет получать сварные соединения с необходимыми показателями прочности, хладостойкости и высокой сопротивляемости усталостным разрушениям. Она весьма эффективна при проведении как сварочно-монтажных, так и ремонтно-восстановительных работ.

Разработанные электроды и технологические процессы прошли успешную апробацию на предприятиях Украины и России при сварке отечественных и импортных конструкций из высокопрочных сталей. ■ #99

Таблица. Механические свойства металла швов сварных соединений высокопрочных сталей, выполненных ручной электродуговой сваркой

Электрод	Система легирования	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	KCV, Дж/см ² при температуре, °С			Особенности применения электродов при изготовлении конструкций
АНП-2	C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo	651	772	21,0	62,0	85-99	24-32	19-28	Сварку осуществляют на постоянном токе во всех пространственных положениях
АНП-10	C-Si-Mn	650	770	23,3	76,0	91	28	22	То же
АНП-12	C-Si-Mn	605	720	16,8	64,8	137	61	43	Сварку осуществляют на постоянном и переменном токе в нижнем и наклонном (до 20°) положениях
АНП-11	C-Si-Mn-Cr	740	870	18,7	60,0	77-86	28-32	10-15	Сварку осуществляют на постоянном токе во всех пространственных положениях
АНП-9	C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo	810	900	17,3	63,0	96	46	22	То же
						95-110	57-78	38-51	
						105	68	43	

Примечание. В числителе приведено минимальное и максимальное значения ударной вязкости, в знаменателе — среднее.

Повышение износостойкости деталей из титановых сплавов

В. В. Перемитько, канд. техн. наук, Днепродзержинский Государственный технический университет

Широкое использование титановых сплавов в промышленности сдерживается их низкими триботехническими характеристиками. Для этих материалов характерен относительно большой износ и склонность к механическому повреждению. Причина — незначительная толщина окисной пленки и большая реакционная способность ювенильной поверхности, вскрывающейся в процессе трения.

Низкие триботехнические свойства титановых сплавов являются серьезной проблемой, так как в настоящее время ассортимент деталей и узлов из указанных материалов, работающих в условиях изнашивания, достаточно широк. В химической промышленности — это валы, рабочие колеса и корпуса (места посадки) насосов, клапаны, затворы, вентили и другие элементы запорной арматуры, в авиационной — детали статора компрессора, вентиляционные лопасти ротора, силовые кронштейны реверса тяги газотурбинных двигателей, рельсы механизации крыла самолета. Сюда следует также отнести многочисленные сочленения деталей по типу «вал-втулка», выполняющие функции радиальных и упорных подшипников скольжения, различные втулки уплотнительных вращающихся валов.

За счет смазок и с помощью объемного легирования титана указанную проблему эффективно решить не удастся. Поэтому износостойкость повышают в основном поверхностным упрочнением изделий. К настоящему времени разра-

ботан целый ряд технологий, позволяющих проводить обработку локально, наносить покрытия значительной толщины, осуществлять упрочнение без нарушения исходной конфигурации деталей. К сожалению, большинство из существующих разработок требуют специального дорогостоящего оборудования, что ограничивает их промышленную реализацию в значительных масштабах. Исходя из этого представляет интерес разработка легко реализуемых технологий поверхностного упрочнения титановых сплавов. С этой целью рассмотрена возможность использования стандартного сварочного оборудования. Предлагается для упрочнения поверхностного слоя титановых деталей газонасыщением использовать дугу с введением в зону разряда реактивного газа. Такую схему можно применять как для упрочнения новых деталей в узлах трения, так и после их восстановления наплавкой, получая комбинированные слои.

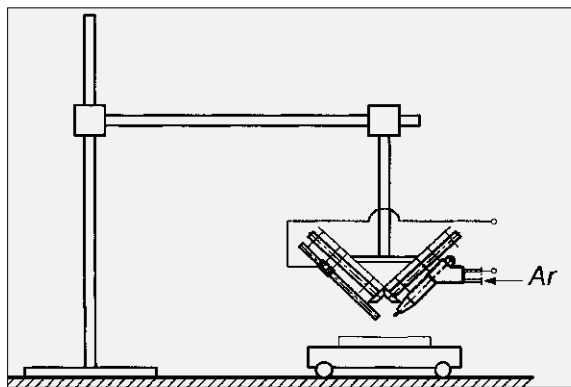
При прямом воздействии дуги на поверхность детали обработку ограничивают во времени. Это связано с опасностью подплавления подложки: титан имеет низкую теплопроводность, а дуговой разряд при атмосферном давлении характеризуется малой эластичностью при регулировании, поэтому толщина упрочненной зоны будет незначительной. Задачу решили путем воздействия на поверхность детали дугой косвенного действия. Упрочнение проводили на установке, состоящей из штатива с закрепленными на нем вольфрамовым (диаметром 3 мм, катод) и угольным (диаметром 5 мм, анод) электродами, а также тележки для перемещения образцов (рисунк). Крепление электродов позволяет регулировать расстояние между ними с помощью двух подающих механизмов червячного типа, связанных между собой конической зубчатой передачей. Внешняя цепь питания дугового разряда включает сварочный выпрямитель ВКСМ-1000 и

балластный реостат РБ-300. Отработку технологии проводили на образцах из сплавов АТЗ, ВТ5-1 и ВТ20 размером 100x20x2,5 мм. Образцы предварительно полировали. Обработку производили многократным обходом под разрядом всей поверхности пластины. Методикой предусматривалось насыщение материала поверхностного слоя образцов кислородом и азотом воздуха. С целью предотвращения быстрого образования окисленного слоя, препятствующего последующей диффузии в глубь металла, обеспечивали контролируемый доступ указанных газов путем неполной, регулируемой защиты зоны нагрева аргоном, истекающим из горелки. Изменения в ходе обработки вносили, варьируя расходом газа (2–7 л/мин) и высотой подъема электродов над образцом (8–25 мм). Ток разряда составил 40–60 А при напряжении 56–62 В. Общее время воздействия косвенной дуги на металл колебалось от 1,5 до 5 мин. При этом не допускали значительного перегрева образцов и подплавления поверхности. Последняя после обработки покрыта слоем материала, образующегося в результате разрушения угольного электрода, и имеет преимущественно золотистый цвет.

Микроструктура диффузной области образцов представлена двумя зонами — альфированной и переходной. Наиболее заметным оказалось воздействие при расходе аргона 3–4 л/мин и высоте подъема электродов 12–16 мм. В этом режиме сформировалась наиболее протяженная альфированная зона (0,5–0,54 мм). Микротвердость материала плавно падает от 850–880 МПа на расстоянии 0,01 мм от поверхности образца до 320–350 МПа в глубине.

По предложенной технологии произведено упрочнение элементов запорной арматуры, используемой в оборудовании по производству концентрированной азотной кислоты. ■ #100

Схема установки



Сравнение монокристаллических и поликристаллических лантанборидных катодов для сварочных электронных пушек

П. И. Лобода, канд. техн. наук, НТУ «Киевский политехнический институт» (Киев),

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, Институт прикладных проблем физики и биофизики НАН Украины (Киев)

Одним из эффективных материалов для катодов с косвенным подогревом является гексаборид лантана (LaB_6). Такие катоды используют в электронных пушках для сварки, плавки, сверления, литографии и микроскопии. Чистота и однородность микроструктуры LaB_6 оказывает большое влияние на стабильность эксплуатационных характеристик электронных пушек в вакууме.

В последнее время разработана новая технология выращивания монокристаллов LaB_6 с желаемой кристаллографической ориентацией. Эта технология обеспечивает чистоту монокристаллов LaB_6 в 99,99%. Продолжительность выращивания монокристалла высотой 200 мм и диаметром $4,7 \pm 0,1$ мм составляет не более 1 ч. Высокая точность диаметра монокристалла позволяет существенно снизить объем механической обработки при изготовлении дисковых катодов.

Срок службы катода зависит от наличия примесей, микро- и макродефектов. Монокристаллы LaB_6 имеют высокое химическое и структурное совершенство, следовательно, можно ожидать, что и катоды будут иметь высокие характеристики.

В данной статье представлены результаты исследований эксплуатационных характеристик монокристаллических лантан-

боридных катодов в сравнении с широко распространенными поликристаллическими LaB_6 -катадами, которые производят горячим прессованием или спеканием.

Катоды имели диаметр 4,7 мм и высоту 1,5 мм. Монокристаллические катоды отрезали от заготовки LaB_6 с чистотой 99,99% и плотностью дислокаций 10^3 – 10^4 см⁻². Эмиттирующая поверхность катодов совпадала с кристаллографическим направлением $\langle 100 \rangle$, которое имеет минимальную работу выхода электронов. Поликристаллические катоды были изготовлены горячим прессованием по ТУ 88 Украины 147.015, т. е. использовали стандартные LaB_6 -катоды. Основные характеристики типовых катодов для электронных пушек приведены в **таблице**.

Как известно, максимальный ток электронного пучка определяется конструкцией электронно-оптической системы и достигается в диодном режиме трехэлектродной сварочной пушки в области ограничения тока пространственным зарядом электронов. Установлено, что насыщение тока электронного пучка происходит при мощности подогрева катода 75 Вт для поликристаллического катода и 30 Вт для монокристаллического катода (**рис. 1**). Следовательно, эмиссионные свойства

монокристаллических катодов лучше, чем поликристаллических, так как ограничение тока пространственным зарядом электронов для монокристаллических катодов наступает при более низких температурах (**рис. 2**). Если же мощность подогрева для этих катодов равна, то температура эмиттирующей поверхности монокристаллического катода больше на 50–100 °С, чем для поликристаллического катода. Это обусловлено более высокой теплопроводностью монокристалла.

Используя высокие эмиссионные свойства монокристаллического катода, можно увеличить запас по току электронного пучка и уменьшить мощность подогрева. Это ведет к увеличению срока службы катода.

Пространственные характеристики электронного пучка изучали с помощью резки тонких стальных пластин. Угол между пластиной и осью пучка составлял 35–40°. Диаметр и угол сходимости электронного пучка определяли по ширине резов на пластинах (**рис. 3**). Видно, что угол сходимости электронного пучка зависит от тока пучка. Угол сходимости имеет экстремум при токе пучка $I_b = 150$ мА: максимум — для монокристаллического катода; минимум — для поликристаллического катода.

Диаметр электронного пучка для монокристаллического катода меньше, чем для поликристаллического. Это также важное преимущество для лучшего формирования сварного шва.

При одинаковых условиях полное проплавление нержавеющей стали толщиной 20 мм достигается при $I_{b(m)} = 110$ мА для монокристаллического катода и при $I_{b(p)} = 120$ мА для поликристаллического катода. Разность $I_{b(p)} - I_{b(m)}$ увеличивается с увеличением глубины проплавления.

Испытания катодов при сварке показали, что срок службы монокристалли-

Таблица. Характеристика некоторых термокатодов для электронных пушек

Параметр	LaB ₆ -катоды			W-катод
	монокристаллические	поликристаллические	с плазменным покрытием	
Рабочая температура, К	1820	1820	1820	2800
Плотность тока электронного пучка, А/см ²	20	10	7	1
Яркость, А/(см ² ·ср)	$2 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
Скорость испарения, кг/(см ² ·с)	$3 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-7}$
Скорость разрушения граней ионами Ar ⁺ , кг/(м ² ·с):				
<100>	$5,35 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$
<100>	$8,30 \cdot 10^{-8}$			
<111>	$8,50 \cdot 10^{-8}$			
Предельные размеры катодов, мм:				
высота	100–200	2–5	1–2	Без
диаметр	0,3–8	2–120	10–150	ограничений

ского катода в 2–4 раза больше, чем срок службы поликристаллического катода.

Эмиттирующая поверхность монокристаллического катода после испытаний на долговечность имеет микроструктуру с минимальной шероховатостью и однородным химическим составом. Имеются единичные ямки травления квадратной формы в местах выхода дислокаций на поверхность катода, а также группы ямок травления, которые расположены в линию вдоль границы субзерен. Плотность дислокаций в монокристаллах зависит от условий выращивания и может изменяться в 100–1000 раз. Поэтому срок службы монокристаллических катодов в условиях ионной бомбардировки во время электронно-лучевой сварки зависит от совершенства микроструктуры монокристаллов. Наилучшая микроструктура формируется в кристаллографическом направлении $\langle 100 \rangle$.

В поликристаллических катодах после электронно-лучевой сварки наблюдается структурная неоднородность эмиттирующей поверхности и увеличение шероховатости, что является следствием селективного разрушения границ зерен и появления пор в результате ионной бомбардировки. Кроме того, обнаружено хлопьевидное выделение светлой фазы: причина, очевидно, в изменении химического состава поликристаллического катода во время нагрева.

Нерегулярность эмиттирующей поверхности поликристаллического катода ведет к неоднородному распределению тока эмиссии. Соответственно, электронный пучок имеет больший диаметр, и во время сварки образуется большой

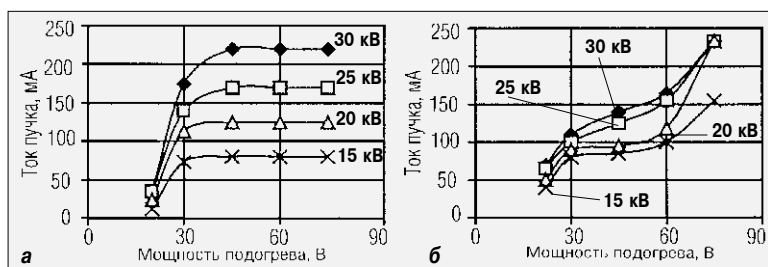


Рис. 1. Характеристика нагрева монокристаллического (а) и поликристаллического (б) катодов для различных ускоряющих напряжений электронной пушки

встречный ионный поток. Принимая во внимание пульсации ускоряющего напряжения электронной пушки, ясно, что имеет место нестабильная нерегулярность эмиттирующей поверхности. Это ведет к изнашиванию поликристаллического катода по всей эмиттирующей поверхности.

Монокристаллический катод имеет регулярную эмиттирующую поверхность. Встречный ионный поток фокусируется в пучок диаметром не более 0,3 мм. Узкое отверстие в катоде формируется медленно, но оставшаяся часть катода обеспечивает необходимые пространственные и энергетические характеристики электронного пучка.

Таким образом, использование монокристаллических лантанборидных катодов в сварочных электронных пушках позволяет:

- увеличить запас тока электронного пучка на 20–30%;
- уменьшить диаметр электронного пучка;
- увеличить глубину проплавления при сварке на 15–20%;
- увеличить срок службы катода в 2–4 раза;
- уменьшить нагрев деталей пушки подогревателя катода. ■ #101

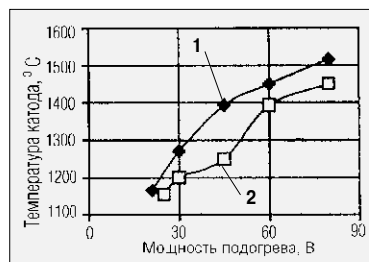


Рис. 2. Зависимость температуры катода от мощности подогрева: 1 — монокристаллический катод; 2 — поликристаллический катод

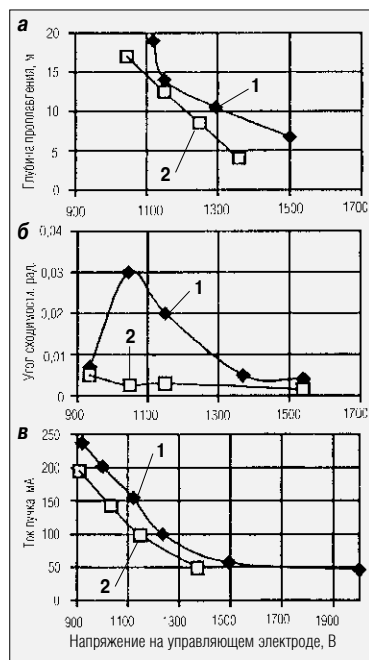


Рис. 3. Зависимость глубины проплавления (а), угла сходимости электронного пучка (б) и тока электронного пучка (в) от напряжения на управляющем электроде пушки: 1 — монокристаллический катод; 2 — поликристаллический катод

Вниманию специалистов!

«Дуговая сварка. Материалы и качество на рубеже XXI века»

2-я Международная конференция по сварочным материалам

Тематика конференции:

- Металлургические и технологические проблемы разработки сварочных материалов.
- Новые сварочные материалы, обеспечивающие высокое качество, надежность и долговечность сварных конструкций.
- Развитие дуговой сварки плавлением, требования к сварочным материалам в судостроении, машиностроении, энергетике и других отраслях промышленности.
- Технологии и оборудование для производства сварочных материалов.
- Сырьевые материалы для изготовления сварочных материалов.
- Стандартизация, сертификация при производстве сварочных материалов.
- Подготовка и аттестация персонала электроночного производства.

В конференции примут участие специалисты предприятий-производителей сварочных материалов, фирм и организаций, занимающихся проектированием и изготовлением технологического оборудования, предприятий-поставщиков сырья, заводов-изготовителей сварных конструкций.

Ассоциация «Электротрог», ОАО «Орловский сталепрокатный завод», Межгосударственный научный совет по сварке и родственным технологиям, Институт электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины, Общество сварщиков Украины, Российское научно-техническое сварочное общество приглашает принять участие во 2-й Международной конференции «Дуговая сварка. Материалы и качество на рубеже XXI века».

Конференция состоится 4–8 июня 2001 г. (г. Орел)

Исполнительный директор Ассоциации «Электротрог»

Игнатченко Павел Васильевич тел./факс: (38044) 227–7235, 03150 Киев, а/я 362

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.

Как рассчитать (или подобрать) индуктивность и емкость Г-образного фильтра защиты сварочного трансформатора при работе с осциллятором ОСППЗ-300М1 при параллельном его включении? Сварочный трансформатор однофазный с нормальным магнитным рассеянием, номинальная мощность 12 кВ·А.

Е. Бабич (Черновцы)

Осциллятор ОСППЗ-300М1 относится к возбудителям последовательного включения. Это означает, что вторичная обмотка его высокочастотного трансформатора включена последовательно в сварочную цепь и рассчитана на прохождение сварочного тока до 315 А. В этом случае для защиты источника питания к его выходным клеммам нужно подсоединить конденсатор достаточно большой емкости (от 0,5 до 10 мкФ).

Если необходимо использовать ОСППЗ-300М1 в качестве осциллятора параллельного включения, то прежде всего необходимо со стороны электро-

додержателя подключить разделительный конденсатор емкостью 1–2 мкФ последовательно с вторичной обмоткой высокочастотного трансформатора осциллятора. Этот конденсатор предназначен для предотвращения протекания тока от источника питания по вторичной обмотке высокочастотного трансформатора и для защиты сварщика-оператора от поражения токами высокого напряжения и низкой частоты в случае пробоя конденсатора в колебательном контуре осциллятора.

Для Г-образного LC-фильтра защиты источника питания подбор емкости и индуктивности осуществляется таким образом, чтобы сопротивление дросселя XL на частоте осциллятора было большим, а конденсатора XC — малым. В то же время на частоте источника питания XL должно быть небольшим, а XC как можно больше. В данном случае можно рекомендовать включить параллельно выходным зажимам источника питания конденсатор емкостью 0,5–1,0 мкФ.

Катушка дросселя фильтра, включаемая последовательно в сварочную цепь, должна иметь индуктивность не менее 30–40 мкГн.

Дроссель, как правило, выполняют воздушным (без магнитопровода) в виде плоской (дисковой) спиральной катушки из хорошо изолированного провода сечением, достаточным для прохождения полного сварочного тока, исходя из плотности тока не более 5 А/мм². Индуктивность катушки зависит от числа витков и геометрических размеров. В рассматриваемом случае достаточно, чтобы катушка дросселя имела 12–15 витков при среднем диаметре 0,2–0,25 м. Формулы для определения индуктивности можно найти в справочнике: *П. Л. Калантаров, Л. А. Цейтлин. «Расчет индуктивностей». — Л.: Энергоатомиздат. — 1986.*

*На вопрос ответил
В. В. Андреев,
канд. техн. наук*

Уважаемый журнал «Сварщик», дайте ответ на вопрос: как сварить медь и ее сплавы неплавящимся электродом?

А. П. Яковлев (Липецк)

Сварку меди неплавящимся электродом выполняют с использованием присадки из раскисленной меди, медно-никелевого сплава (МНЖКТ 5–1–0,2–0,2), бронзы (Бр. КМц 3–1, Бр. ОЦ4–3), а также специальных сплавов, содержащих эффективные раскислители — РЗМ. Сварку вольфрамовым электродом ведут на постоянном токе прямой полярности. Медь толщиной до 6 мм можно сваривать без разделки кромок. Для металла больших толщин применяют V-образную или X-образную разделку с уг-

лом раскрытия 60–90°. Неплавящимся вольфрамовым электродом сваривают в аргоне без предварительного подогрева медь толщиной до 6 мм, в гелии и азоте — толщиной до 8 мм.

Техника сварки в разных защитных средах различается в основном необходимостью поддержания разных по длине дуг. Для аргона и гелия длина дуги должна быть как можно меньше (обычно около 3 мм). Значительно длиннее дуга в азоте (около 12 мм). Поэтому в зависимости от среды, в которой выполняют сварку меди, резко различаются и статические характеристики дуг — зависимость напряжения дуги от силы сварочного тока (*рис. 1*). При данном сварочном токе напряжение

дуги, а следовательно, ее мощность и тепловложение самые высокие в азоте (в 3–4 раза больше, чем в аргоне). В гелии эти показатели примерно в два раза выше, чем в аргоне.

При сварке в азоте швы более склонны к порообразованию, особенно при малых размерах сварочной ванны и повышенной скорости ее охлаждения. Это объясняется тем, что в азоте металл сварочной ванны проявляет тенденцию к уменьшению жидкотекучести. Расход защитного газа зависит во многом от его теплофизических свойств и плотности: аргона — 8–10; гелия — 10–20 и более; азота — 15–20 л/мин. Смеси газов применяют для сварки меди редко. Для повышения скорости сварки

рекомендуют смесь аргона с 30% азота или гелия.

При сварке используют графитовые подкладки или медные пластины, охлаждаемые водой.

Сварку в среде аргона обычно ведут справа налево при наклоне электрода по отношению к изделию углом вперед на 80–90°; угол наклона присадочной проволоки 10–15°; вылет вольфрамового электрода 5–7 мм. При сварке в среде азота применяют пониженные по сравнению с аргоном сварочные токи (таблица). В качестве присадочного металла используют раскисленную медь и те же сплавы, что и при сварке в аргоне. Оптимальные параметры режимов предварительного подогрева и сварки меди неплавящимся электродом выбирают исходя из номограммы (рис. 2).

Высокую производительность сварочных работ обеспечивают новые эффективные способы и приемы сварки. К ним относятся ручная гелиево-дуговая сварка меди на форсированных режимах ($I_{св} = 700 \dots 900$ А, $U_d = 25 \dots 30$ В), которая позволяет успешно решать вопрос изготовления и ремонта медных конструкций. Резко повышает производительность работ двухдуговая сварка неплавящимся электродом.

Сварку неплавящимся электродом применяют для листовой латуни малых толщин — до 3–4 мм. При сварке латуни плавящимся электродом используют бронзу, легированную алюминием с добавкой фосфора. Режимы сварки латуни практически те же, что и при сварке меди. Предварительный подогрев необходим лишь при сварке латуни толщиной более 12 мм.

Сварка в среде инертных газов эффективна для бронзы. В качестве защитного газа используют аргон и гелий. Применение гелия обеспечивает сварку бронз без предварительного подогрева длинной дугой при напряжении на 25% больше, чем при сварке в среде аргона. При ручной сварке тонколистовых бронз (1,0–2,0 мм) неплавящимся электродом в среде аргона $I_{св} = 100 \dots 140$ А; при автоматической сварке $I_{св} = 190 \dots 220$ А, $V_{св} = 30 \dots 35$ м/ч.

На вопрос ответил
Ю. В. Демченко,
канд. техн. наук

Режимы сварки меди вольфрамовым электродом в среде аргона

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Диаметр проволоки, мм	Число проходов (кроме подварочного)	Сила тока, А	Расход аргона, л/мин
1,2*	2,5–3,0	1,6	1	120–130	7,0–8,5
1,5*	2,5–3,0	2,0	1	140–150	7,0–8,5
2,5*	3,5–4,0	2,5–3,0	1	220–230	7,5–9,5
3,0*	3,5–4,0	2,5–3,0	1	230–240	7,5–9,5
10,0**	4–4,5	3,0	3	Первый проход 200–350	7–8
	4–4,5	5,0		Второй проход 200–350	7,0
	4–4,5	6,0		Третий проход 200–400	7,0
	4–4,5	3,0		Подварочный шов 250–350	7,0
12**	4–4,5	3,0	4	Первый проход 250–350	8–10
	4–4,5	5,0		Второй проход 250–400	8–10
	4–4,5	6,0		Третий проход 300–450	8–10
	4–4,5	6,0		Четвертый проход 300–450	8–10
19***	5–5,5	3,0	6	Первый и второй проходы 250–400	10–12
	5–5,5	5,0		Третий и четвертый проходы 250–450	10–12
	5–5,5	6,0		Пятый и шестой проходы 300–550	10–12
25***	5–5,5	3,0	8	Первый и второй проходы 250–400	12–14
	5–5,5	5,0		Третий и четвертый проходы 300–450	12–14
	5–5,5	6,0		Пятый и шестой проходы 300–550	12–14
	5–5,5	6,0		Седьмой и восьмой проходы 350–600	12–14

* Без разделки кромок.
** V-образная разделка кромок, $\alpha = 70 \dots 90^\circ$.
*** X-образная разделка кромок, $\alpha = 70 \dots 90^\circ$.

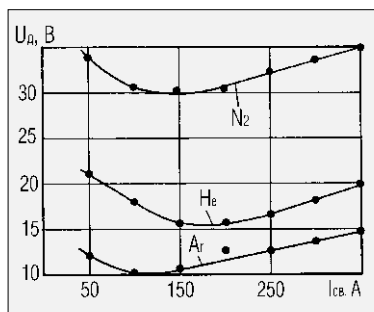


Рис. 1. Статические характеристики дуг при сварке меди неплавящимся электродом в разных защитных газах. Длина дуги: N₂ — 12 мм; He — 3 мм; Ar — 3 мм

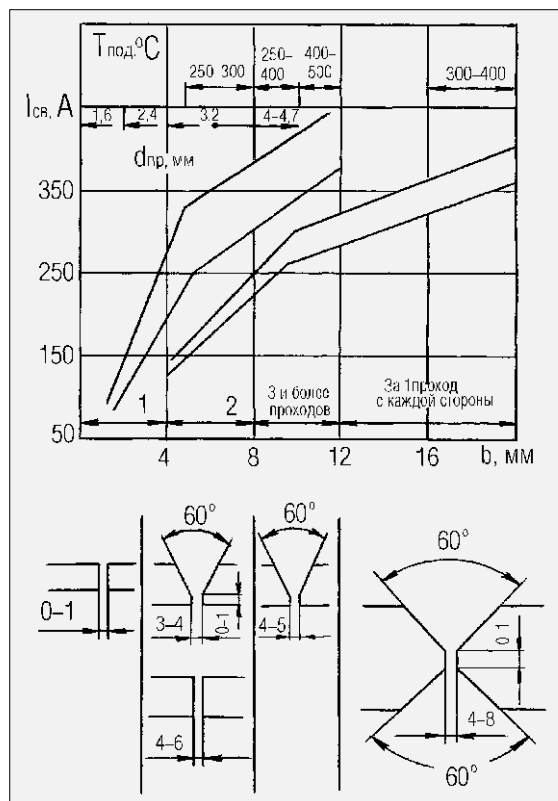


Рис. 2. Рекомендуемые режимы подогрева и сварки, формы разделок меди неплавящимся электродом

Термическая обработка сварных соединений

Часть 5. Технология термообработки трубопроводов

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

Технологию местной термообработки конкретного сварного соединения выбирают с учетом марки стали, размеров сварного соединения (диаметра, толщины стенки и т. п.), рекомендованного режима термообработки, формы организации работ по термообработке, наличия технических средств (нагревательных устройств, источников питания и т. п.) и др.

Основным элементом технологического процесса является режим термообработки: температура и скорость нагрева, время выдержки, скорость охлаждения, величина зоны равномерного нагрева.

При необходимости в технологический процесс включают мероприятия по уменьшению тепловода с внутренних поверхностей труб (применение временных заглушек и др.), по предотвращению прогиба нагретых до высокой температуры труб (применение временных опор), контролю качества термообработанных сварных соединений путем измерения твердости.

При термообработке необходим ряд подготовительно-заключительных операций, которые оказывают существенное влияние на технологический процесс. К ним относятся:

- очистка поверхности сварного шва и зоны термического влияния (ЗТВ) от шлака и удаление концентраторов напряжений (подрезов, неровностей усиления шва и т. п.) ручными и механическими средствами обработки поверхности;
- устранение заземлений и внешних дополнительных нагрузок; установка временных (катковых или пружинных) опор на расстоянии 1–1,5 м от нагреваемого сварного соединения и другие операции, направленные на обеспечение свободного осевого перемещения нагреваемой трубы;
- установка временных заглушек на оба или один конец трубы, чтобы не допустить движения воздуха внутри трубы (сквозняка);
- размещение на нагреваемом сварном соединении переносной кабины для защиты от атмосферных осадков (дождя, снега) и ветра при работе на открытом месте.

Термообработку следует выполнять сразу после окончания сварки (время возможного перерыва между окончанием сварки и началом термообработки должно быть оговорено в нормативно-технической документации (НТД)). Если по техническим причинам (прекращение электропитания, повреждение оборудования и т. п.) невозможно провести термообработку сварных соединений сразу после окончания сварки, необходимо медленно охладить сварное соединение

под слоем теплоизоляции. В случае перерыва в процессе термообработки необходим повторный нагрев, при этом время выдержки суммируется.

Электронагреватель, как правило, следует устанавливать симметрично сварному шву. При разных толщинах стенок труб электронагреватель необходимо смещать на 10–20 мм в сторону трубы с большей толщиной стенки. До термообработки и в процессе ее (при охлаждении до 300 °С) сварные соединения не следует подвергать механическим нагрузкам (кантовать, перемещать и т. п.).

Допускается повторная термообработка, если получены неудовлетворительные результаты по окончании первого ее цикла, после проведения ремонта сварного соединения и т. п. (допустимое число циклов термообработки должно быть оговорено в НТД).

Выбор схемы включения электронагревателей зависит, прежде всего, от варианта нагрева: нагрев одного сварного соединения (типа «труба с трубой», сварного тройника и т. п.) одним или несколькими электронагревателями; нагрев одновременно нескольких сварных соединений группой электронагревателей, т. е. групповой нагрев с использованием одного источника питания или одной установки для термообработки (групповая термообработка). Групповая термообработка позволяет значительно повысить производительность труда, однако требует высокой квалификации персонала.

При выборе схемы необходимо учитывать размеры и конструкцию соединений, число термообрабатываемых соединений и их расположение, мощность электронагревателей и источников питания.

Выбор средств контроля температуры (типа приборов, термоэлектродных проводов и термоэлектрических преобразователей) зависит от режима термообработки, метода нагрева, числа одновременно термообрабатываемых соединений и т. п. В большинстве случаев температуры высокого отпуска контролируют авто-

Рис. 1. Установка электронагревателей ГЭН на вертикальных (а) и горизонтальных (б) сварных соединениях:
1 — сварное соединение;
2 — электронагреватель ГЭН

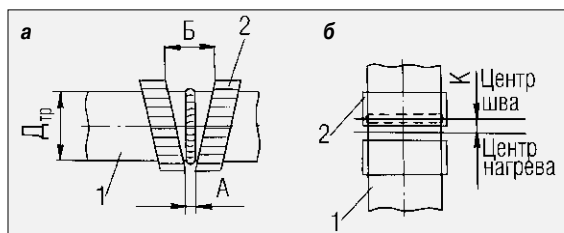


Таблица 1. Гибкие пальцевые электронагреватели ГЭН

Тип	Диаметр трубопровода, мм	Длина секций ГЭН, мм	Количество пальцев, шт.	Масса, кг	Напряжение, В	Мощность, кВт
ГЭН-108	108	416	13	3,63	20,5	2,05
ГЭН-133	133	512	16	4,18	24,0	2,40
ГЭН-159	159	576	18	4,66	26,3	2,69
ГЭН-168	168	608	19	4,84	27,5	2,73
ГЭН-194	194	704	22	5,46	31,0	3,10
ГЭН-219	219	768	24	5,87	33,0	3,30
ГЭН-245	245	864	27	6,45	36,6	3,62
ГЭН-273	273	928	29	6,85	39,0	3,90
ГЭН-325	325	1088	34	7,88	44,7	4,42

матическими регистрирующими потенциометрами со статической характеристикой.

Термообработка электронагревателями сопротивления. При подготовке к проведению термообработки гибкими электронагревателями типа ГЭН следует тщательно подобрать длину электронагревателей: она должна соответствовать длине окружности трубы (табл. 1). Длину электронагревателя можно определить по формуле

$$L_{\text{н}} = \pi (D_{\text{нт}} + d_{\text{к}} + 2),$$

где $D_{\text{нт}}$ — наружный диаметр трубы, мм; $d_{\text{к}}$ — наружный диаметр изолятора ИКН-302 (равен 30 мм).

Одну или несколько секций ГЭН, расположенных по окружности сварного соединения, называют поясом. Количество поясов электронагревателей, устанавливаемых по длине сварного соединения трубы, зависит от толщины стенки трубы:

Толщина стенки трубы, мм	Число поясов, не менее
До 30	2
31–45	3
46–60	4
61–70	5

Электронагреватели на вертикальных сварных соединениях (при горизонтальной оси трубопроводов) следует устанавливать как показано на рис. 1, а. Разное расстояние между поясами или витками электронагревателей сверху и снизу соединения (сверху большим, чем снизу) вызвано необходимостью выравнивания температуры по окружности соединения. Неравномерность нагрева вертикальных сварных соединений вызвана тем, что горячий воздух, который легче холодного, поднимается вверх, вследствие чего верхняя часть нагревается до более высокой температуры, чем нижняя. При этом разница температур растет с увеличением диаметра трубы. При увеличении расстояния между электронагревателями в верхней части сварного соединения уменьшается нагрев, что ведет к выравниванию температуры.

Для электронагревателей сопротивления и комбинированного действия расстояние B между поясами или витками электронагревателя в верхней части вертикального стыка должно быть больше расстояния в нижней части стыка A на величину, равную $0,1 D_{\text{тр}}$. Это правило необходимо применять при $D_{\text{тр}} > 200$ мм. Электронагреватели на горизонтальных сварных соединениях (при вертикальной

оси трубопровода) следует устанавливать со смещением вниз на 10–20 мм (рис. 1, б). Электронагреватели, установленные на одном сварном соединении, присоединяют к источнику питания, как правило, параллельно (рис. 2).

После установки термоэлектрических преобразователей на сварном соединении размещают теплоизоляцию. Общая ширина теплоизоляционного участка должна быть на 600–1000 мм больше ширины зоны нагрева. Толщина слоя теплоизоляции на нагреваемой зоне должна быть не менее 40 мм, а на участках трубопровода, прилегающих к нагреваемой зоне, не менее 20 мм. Равномерная температура по окружности сварного соединения обеспечивается с помощью теплоизоляции. В нижней части соединения устанавливают слой теплоизоляции большей толщины (на 20–30%), чем в верхней. При этом за счет меньших потерь теплоты в нижней части происходит выравнивание температуры по окружности сварного соединения.

Требуемая скорость нагрева обеспечивается правильным подбором силы тока в электронагревателях (для ГЭН она должна составлять 100 А в каждой секции электронагревателя). При необходимости силу тока в ГЭН регулируют, периодически отключая и вновь включая. Это выполняется автоматически в установках с программным управлением или оператором-термистом путем регулирования тока непосредственно на источнике питания. Следует отметить, что при параллельном включении электронагревателей суммарная сила тока в цепи нагрева

$$I_{\text{с}} = i_{\text{с}} n_{\text{с}},$$

где $i_{\text{с}}$ — сила тока в каждом электронагревателе, А; $n_{\text{с}}$ — количество параллельно соединенных электронагревателей, шт.

Скорость выдержки и охлаждения регулируют так же, как и при нагреве. Снимать электронагреватели и тепло-

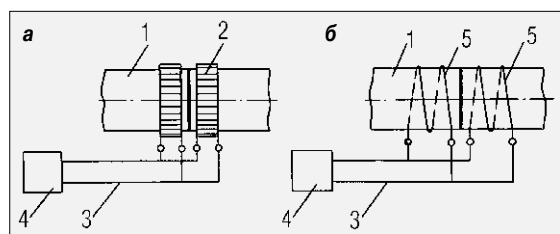


Рис. 2. Схемы параллельного соединения электронагревателей ГЭН (а) и КЭН (б) при термообработке сварных соединений:
1 — сварное соединение;
2 — электронагреватели ГЭН;
3 — токоподводящие провода;
4 — источники питания;
5 — электронагреватели КЭН

изоляцию со сварного соединения разрешается только после окончания термической обработки при достижении им температуры 300 °С и менее.

Особенность проведения термообработки сварных соединений трубопроводов диаметром 168–1020 мм с использованием муфельных нагревателей типа ПТО заключается в том, что эти электронагреватели состоят из 3–4 одинаковых секций, каждую из которых подключают к автономному источнику питания — обычно сварочному трансформатору ТД-500. При использовании установок для термообработки ОТС-62 все секции муфельного электронагревателя работают по одинаково заданному режиму, что обеспечивает равномерность нагрева по окружности сварного соединения.

Если необходим подогрев для сварки (предварительный и сопутствующий), ГЭН устанавливают на трубы с зазором между поясами 100–120 мм (рис. 3) и накрывают теплоизоляционными матами. Установка поясов ГЭН для подогрева вертикальных и горизонтальных стыков труб одинакова.

Следует отметить, что подогрев для сварки удобнее выполнять четным числом (две, четыре) поясов ГЭН. При ис-

Рис. 3. Установка поясов ГЭН для подогрева соединения при вертикальном (а) и горизонтальном (б) положениях свариваемых кромок:
1 — свариваемые трубы;
2 — пояса ГЭН;
3 — токоподводящие провода

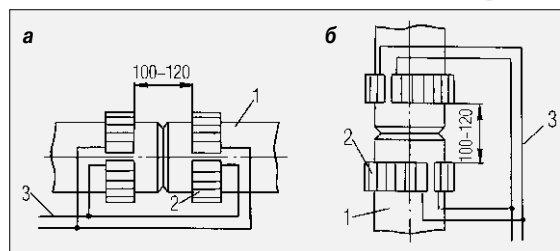


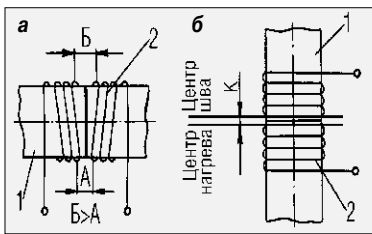
Таблица 2. Электронагреватели комбинированного действия типа КЭН

Параметр	Максимально допустимая сила тока, А	Падение напряжения на электронагревателе, В	Максимальная мощность, кВт	Количество нихромовых проволочек Ø3,6 мм, шт.	Размеры нагреваемых труб, мм		Габаритные размеры, мм			Масса, кг
					диаметр	толщина стенки	длина	ширина	высота	
КЭН-1	60	15	0,9	1	25–108	До 25	2200	40	40	1,8
КЭН-2	120	28	3,3	2	108–219	До 40	4200	40	40	4,5
КЭН-3	300	45	13,5	5	219–325	До 70	6500	40	40	11,4
КЭН-4-1	360	49	17,7	6	377–1020	До 70	7100	40	40	12,7
КЭН-4-2	360	57	20,5	6	377–1220	До 70	8300	40	40	14,7
КЭН-4-3	360	65	23,4	6	377–1420	До 70	9500	40	40	19,6

Термическая обработка сварных соединений

Часть 5. Технология термообработки трубопроводов

Рис. 4. Установка электронагревателей КЭН на вертикальных (а) и горизонтальных (б) сварных соединениях:
1 — сварное соединение; 2 — электронагреватель КЭН



пользовании нечетного числа средние пояса перед сваркой необходимо отключать и снимать, что затрудняет работу термиста и электросварщика. После предварительного подогрева пояса включают и начинают сварку. Если необходим сопутствующий подогрев, сварку прекращают и производят подогрев. Допускается сопутствующий подогрев непосредственно в процессе сварки, при этом электросварщики не должны допускать замыкания сварочного электрода на нагревательный элемент ГЭН.

Термообработка электронагревателями комбинированного действия. Технологические приемы проведения термообработки сварных соединений трубопроводов с использованием электронагревателей комбинированного действия типа КЭН во многом совпадают с аналогичными операциями при проведении термообработки сварных соединений электронагревателями типа ГЭН.

Типоразмер КЭН выбирают в зависимости от практических условий проведения термообработки (диаметра, толщины стенки и конструкции сварного соединения, режима термообработки и т. п.) по табл. 2. После этого определяют необходимое количество электронагревателей КЭН для термообработки данного сварного соединения в зависимости от его диаметра и толщины стенки. Электронагреватели КЭН устанавливают как показано на рис. 4. Для выравнивания температуры по окружности сварного соединения используют те же способы, что и при использовании ГЭН. Следует отметить, что при установке электронагревателей КЭН пояса следует наматывать обязательно одинаково (по часовой или против часовой стрелки), в противном случае эффективность их применения может резко снизиться. Электронагреватели КЭН, установленные на одном сварном соединении, присоединяют к источнику питания, как правило, параллельно (см. рис. 2, б), однако для двух-трех секций КЭН-1 или двух секций КЭН-2 допускается последовательное соединение.

При параллельном включении электронагревателей КЭН суммарная сила тока в цепи нагрева равна произведению силы тока в электронагревателе на количество электронагревателей.

Остальные технологические операции проведения термообработки сварных соединений трубопроводов электро-

нагревателями КЭН выполняют аналогично операциям при использовании электронагревателей ГЭН.

Термообработка с использованием индукционного нагрева. В монтажных условиях для термообработки сварных соединений трубопроводов используют индукционный нагрев токами промышленной частоты 50 Гц и средней частоты 2500–8000 Гц (главным образом 2500 Гц). В применении этих методов есть много общего, поэтому будем рассматривать их совместно. Теплоизоляцию для обработки сварных соединений следует накладывать до установки индуктора (рис. 5). Для этой цели обычно используют асбокартон и асботкань. Общая ширина теплоизолируемого участка должна быть на 800–1000 мм больше ширины зоны нагрева. Толщина слоя теплоизоляции на нагреваемой зоне составляет не менее 20 мм, на участках трубопровода, прилегающих к нагреваемой зоне, — не менее 10 мм. Для обеспечения равномерности нагрева по окружности вертикального сварного соединения при термообработке может быть использован прием установки теплоизоляции с большей толщиной в нижней части сварного соединения, чем в верхней.

Длину оголенного медного провода, необходимого для изготовления гибкого индуктора, следует рассчитывать по формуле

$$L_n = 1,25 \pi (D_{нт} + 2b_{ти} + d_m) w_i,$$

где $D_{нт}$ — наружный диаметр трубы, мм; $b_{ти}$ — толщина теплоизоляции, мм; d_m — диаметр оголенного медного провода, мм; w_i — количество витков индуктора, шт.

Индуктор должен быть изготовлен из одного куска провода с медными наконечниками на концах, не иметь скруток. При его установке следует соблюдать следующие правила: провод должен как можно плотнее прилегать к теплоизоляции во избежание его ослабления и замыкания витков между собой при нагреве; расстояние между витками должно быть не менее 15–20 мм; электрические контакты между индуктором и токоподводящими проводами должны быть надежными; концы индукторов должны быть надежно закреплены, чтобы не ослабить намотку медного провода. При использовании водоохлаждаемого индуктора возможна намотка витков вплотную друг к другу, а также намотка витков один на

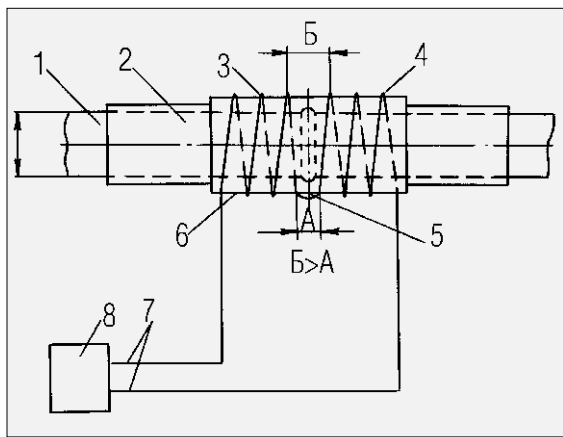


Рис. 5. Схема подключения индукторов к источнику питания: 1 — сварное соединение; 2 — теплоизоляция на трубе; 3, 4 — две половины индуктора; 5 — полувиток между двумя половинами индуктора; 6 — теплоизоляция зоны установки индуктора; 7 — токоподводящие провода; 8 — источник питания (трансформатор)

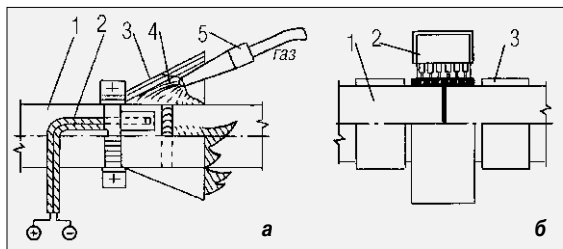


Рис. 6. Газопламенный нагрев при термообработке сварных соединений трубопроводов: а — универсальной ацетилено-кислородной горелкой (1 — сварное соединение; 2 — термoeлектрический преобразователь; 3 — теплоизоляционная воронка; 4 — факел пламени горелки; 5 — универсальная ацетилено-кислородная горелка); б — кольцевой многопламенной горелкой (1 — сварное соединение; 2 — корпус кольцевой многопламенной горелки; 3 — теплоизоляция)

Таблица 3. Электрические режимы термообработки сварных соединений трубопроводов с использованием индукционного нагрева токами промышленной частоты 50 Гц

Диаметр трубопровода, мм	Толщина стенки, мм	Число одновременно термообрабатываемых сварных соединений	Гибкий индуктор		Сила тока, А	Напряжение на индукторах, В	Допустимое расстояние между сварными соединениями при групповой термообработке, м
			поперечное сечение провода, мм ²	число витков на сварном соединении			
108–159	Любая	1	180–240	10–12	1000–1100	25–35	—
108–159		5–6	120–180	6–7	1200–1300	65–75	2–3
194–325	До 30	1	180–240	10–12	1100–1200	40–45	—
194–325	Более 30	1	240	10–12	1300–1400	45–50	—
377–465	Любая	2–3	180–240	8–9	1200–1300	50–55	3–4
377–465	До 30	2–3	240	10–11	1200–1300	65–75	3–4
530–630	До 30	1	240	8–9	1200–1300	55–60	—
530–630	Более 30	1	240	10–11	1300–1400	65–70	—

Примечание. Расстояние между трансформатором и сварными соединениями не должно превышать 50 м.

Таблица 4. Электрические режимы термообработки сварных соединений трубопроводов с использованием индукционного нагрева токами средней частоты 2500 Гц

Диаметр трубопровода, мм	Толщина стенки, мм	Число сварных соединений, подвергаемых термообработке	Наибольшее расстояние, м		Число витков индуктора на одном сварном соединении	Поперечное сечение витков индуктора, мм ²	Напряжение на зажимах генератора, В	Сила тока генератора–индуктора, А	Емкость конденсатора, мкФ
			между установкой и сварными соединениями	между сварными соединениями при групповой термообработке					
108–159	11–36	1	150	—	18–20	35–50	140–170	150–180	70–80
108–159	11–36	5–6	100–120	3–4	10–12	35–50	180–210	180–200	30–40
108–159	11–36	12–25	60–80	1–2	6–9	35–50	230–260	210–230	15–25
194–325	Более 10	1	100–120	—	14–16	35–50	160–190	170–190	60–70
194–325	Более 10	4–6	60–80	5–6	10–12	50–70	230–260	200–220	15–25
377–530	Более 10	1	100–1200	—	12–14	35–50	180–210	180–200	55–65
377–530	Более 10	2–3	60–80	7–10	9–10	50–70	220–250	200–220	20–30
630	Более 10	1	100–120	—	10–12	35–50	180–210	180–200	50–60
630	Более 10	2	60–80	10	7–9	50–70	230–260	210–230	30–40
820–1020	Более 10	1	100–120	—	9–10	70–95	300–330	240–270	35–40

другой. Эти индукторы допускают изменение числа витков в процессе термообработки при перерыве в процессе нагрева.

Для проведения термообработки индукторы необходимо устанавливать на вертикальные и горизонтальные сварные соединения в соответствии с рис. 5. При этом равномерность нагрева обеспечивается так же, как и при работе с электронагревателями сопротивления и комбинированного действия.

Для индукционного нагрева токами промышленной и средней частоты расстояние *Б* в верхней части вертикального стыка должно быть больше расстояния в нижней части стыка *А* на величину, равную $0,05 D_{тр}$ (см. рис. 4). Это правило необходимо применять при $D_{тр} > 200$ мм. Кроме того, используют еще один технологический прием, заключающийся в намотке индуктора с увеличенным расстоянием между центральными витками в ЗТВ. При этом индуктор разделяют на две части, для соединения которых меж-

ду собой из провода того же индуктора делают полувиток (см. рис. 5). Обе половины индуктора, как для вертикальных, так и для горизонтальных сварных соединений, должны иметь одинаковую намотку (по часовой или против часовой стрелки) и присоединяться к источнику питания последовательно. Индукционный нагрев токами промышленной частоты 50 Гц обычно выполняют при силе тока 1000–1400 А и напряжении на индукторе 25–75 В (табл. 3), а индукционный нагрев токами средней (2500 Гц) частоты — при силе тока 150–270 А, напряжении на индукторе 140–330 В и емкости конденсаторов 15–80 мкФ (табл. 4). Для повышения эффективности нагрева необходимо добиваться, чтобы коэффициент мощности $\cos \varphi$ был равен или близок к единице (резонанс напряжения). Для этого необходимо иметь конденсаторы с большим диапазоном емкостей (от 3 до 20 мкФ), а для измерения $\cos \varphi$ — в схеме установки специальный

прибор. Регулировка процесса термообработки при индукционном нагреве такая же, как и при использовании электронагревателей сопротивления и комбинированного действия. Для выравнивания температуры по окружности сварного соединения непосредственно в процессе термообработки следует добавлять теплоизоляцию в зону с меньшей температурой или уменьшать в зоне с более высокой температурой. Толщину теплоизоляции следует изменять в месте увеличенного расстояния между двумя половинами индуктора. Следует отметить, что все эти работы можно выполнять только при отключенном источнике питания.

Другие технологические операции термообработки с использованием индукционного нагрева следует проводить так же, как и при применении электронагревателей сопротивления и комбинированного действия.

(Окончание на стр. 33)

Термическая обработка сварных соединений

Часть 5. Технология термооб- работки трубопроводов

(Окончание. Начало на стр. 31)

Термообработка с использованием газопламенного нагрева. Для проведения термообработки с использованием газопламенного нагрева следует решить следующие задачи: выбрать тип устройств для газопламенного нагрева в зависимости от размеров сварных соединений (диаметра и толщины стенки труб, марки стали и т. п.); определить число нагревательных устройств и схемы их рационального размещения; подобрать и скорректировать параметры (мощность пламени, расход и давление горючего газа) процесса нагрева с учетом строгого обеспечения режима термической обработки, особенно в части скорости нагрева; предусмотреть дополнительные меры с целью повышения качества термообработки и сохранения формы и размеров термообрабатываемых сварных соединений (рациональное размещение теплоизоляции, использование временных катковых опор).

Для нагрева кромок труб или сварного соединения однопламенными универсальными ацетилено-кислородными го-

релками на трубу устанавливают воронку, состоящую из изогнутого металлического листа, изнутри покрытого асботканью или асбокартоном (рис. 6, а), и предназначенную для обеспечения равномерного нагрева по окружности трубы. Затем накладывают теплоизоляцию толщиной не менее 10 мм на участки трубопровода, прилегающие к зоне нагрева на ширину 150–200 мм (по каждую сторону от краев зоны нагрева). Для нагрева кромок труб можно использовать одновременно две горелки. После подключения горелки к посту для газопламенного нагрева зажигают пламя и начинают нагрев, равномерно перемещая факел горелки вокруг сварного шва или кромок труб. В процессе нагрева необходимо постоянно контролировать температуру, чтобы не допустить перегрева. Нагрев следует проводить второй и третьей зонами строго нейтрального пламени. Необходимо тщательно следить за составом пламени, так как при нагреве пламенем с избытком кислорода происходит окисление поверхности соединения (появляется окалина). А при нагреве пламенем с избытком ацетилена наблюдается науглероживание поверхности сварного соединения.

Для нагрева кромок труб или сварного соединения кольцевой многопламенной горелкой, состоящей из двух отдельных полуколец, ее устанавливают на трубу так, чтобы расстояние между внутренними

выходными мундштуками горелки и наружной поверхностью трубы было в пределах 25–30 мм (рис. 6, б). Затем накладывают теплоизоляцию толщиной не менее 20 мм на участках трубопровода, прилегающих к ЗТВ на ширину 300–400 мм (с каждой стороны от краев зоны). После подключения горелки к посту (каждая половина горелки имеет автономное питание) сначала медленно открывают вентиль, подающий газ к нижней половине горелки, а затем зажигают газозоодушную смесь. Ту же операцию повторяют с верхней половиной горелки. После появления коптящего пламени желтого цвета постепенно открывают воздушные заслонки горелки. Эту операцию проводят до тех пор, пока пламя не сформируется в кольцевой факел, состоящий из ясно выраженных небольших голубых язычков. Высоту пламени, его цвет и форму регулируют с помощью заслонок и вентиля горючего газа. Мощность каждой половины горелки регулируют отдельно, что обеспечивает равномерное распределение температуры по окружности сварного соединения. При гашении горелки после окончания термообработки сначала закрывают воздушные заслонки, а затем вентили горючего газа. Требования к составу пламени такие же, как и при нагреве однопламенной универсальной ацетилено-кислородной горелкой. ■ #102

Окончание ч.5 в следующем номере.

Ручные резаки фирмы «Абикор Бинцель» для воздушно-дуговой строжки

Ю. А. Дидус, инж., ПИИ «Бинцель Украина» (Киев)

Способ воздушно-дуговой строжки угольным электродом основан на том, что металл, расплавленный электрической дугой, выдувается струей сжатого воздуха. Этот способ строжки на протяжении многих лет успешно применяют в металлургии, машиностроении благодаря его высоким технико-экономическим показателям.

Строжку металла выполняют на постоянном или переменном токе угольными электродами с круглым или прямоугольным сечением (табл. 1). Электроды с круглым сечением используют, преимущественно, для снятия фасок, строжки канавок, резки. Электроды с прямоугольным сечением применяют для очистки поверхности и устранения поверхностных дефектов на стальных отливках.

Для улучшения токопроводящей способности и защиты угольного электрода от преждевременного оплавления на поверхность электрода наносят медное покрытие.

Для воздушно-дуговой строжки канавок угольным электродом используют специальный электрододержатель (рис. 1). Он состоит из держателя 1 для контактного закрепления электрода, снабженного каналами для подачи струй сжатого воздуха в зону режущей дуги, и специального полого кабеля 2. С помощью разьема полый кабель подсоединяют к сварочному кабелю и пневматическому шлангу.

Основные части воздушно-дугового резака: головка 3 с контактными зажимными и сопловыми устройствами, рукоятка 4, специальный шланг 5, узел 6 крепления токо- и воздухоподводящих коммуникаций.

Контактно-зажимное устройство резаков имеет две сжимаемые пружинами контактные поверхности (колодки), между которыми закрепляют электрод. Это обеспечивает легкую смену электродов и

возможность их установки под произвольным углом к рукоятке. Сопловые устройства современных воздушно-дуговых резаков, предлагаемые фирмой «Абикор Бинцель», выполнены в виде цилиндрических каналов в контактной колодке 7. Такие сопла позволяют формировать воздушные струи, ориентированные под небольшим углом вдоль боковой поверхности электрода.

Для удаления металла, расплавленного дугой, достаточно двух параллельных струй, следующих за электродом в направлении резки. Сопловые устройства выполнены только в одной контактной колодке.

Для подачи воздуха в резак применяют специальный рукав, в воздушном канале которого проложен гибкий кабель, подводящий ток.

Фирма «Абикор Бинцель» разработала три модификации держателей К10, К12, К16 для воздушно-дуговой строжки круглыми угольными электродами (табл. 2); каждый снабжен специальным полым кабелем длиной 3 м.

Воздушно-дуговую строжку обычно осуществляют от серийных выпрямителей с силой тока от 500 до 1000 А, имеющих крутопадающую внешнюю характеристику. Напряжение холостого хода выпрямителя должно быть не менее 60 В, в этом случае обеспечивается легкое зажигание дуги и ее стабильное горение. Строжку стали производят на обратной полярности, при обработке серого чугуна, цветных металлов используют прямую полярность.

Сжатый воздух обеспечивает не только удаление расплавленного металла, но и охлаждение электрододержателя. Необходимо следить, чтобы при оптимальном давлении сжатого воздуха (около 0,7 МПа) его расход составлял 600–1500 л/мин. Сжатый воздух должен быть очищен от воды и масла, в этом случае достигается хорошая чистота поверхности реза и полное удаление расплавленного металла из зоны строжки

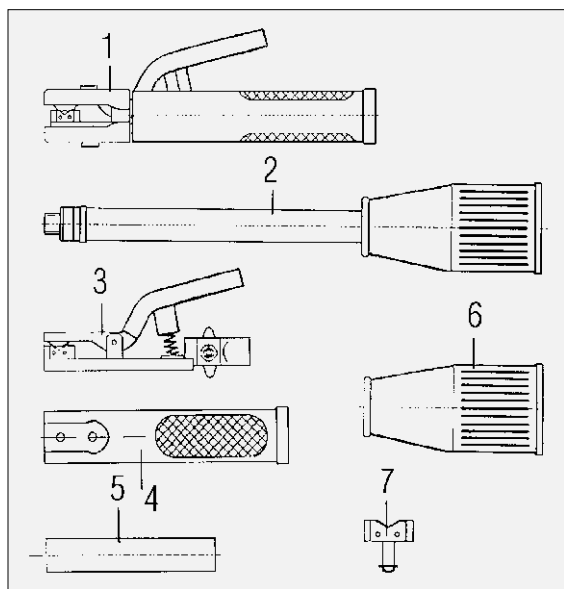


Рис. 1. Основные узлы ручного резака для воздушно-дуговой строжки

Рис. 2. Положение электрода и направление строжки

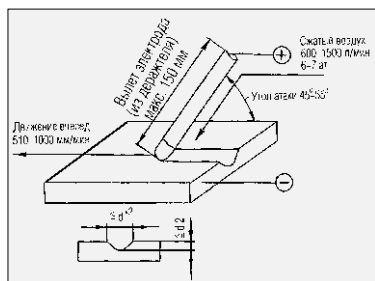


Таблица 1. Рекомендуемые значения силы тока при воздушно-дуговой строжке

Диаметр, мм	Длина, мм	Сила тока, А
Строжка на постоянном токе		
4		180
6		220
8		350
10	355	500
12		600
14		700
16		800
18		900
Строжка на переменном токе		
6		250
8		400
10		600
12	355	700
14		800
16		900

(резки). Перед началом строжки вентиль подачи сжатого воздуха должен быть открыт, а вылет угольного электрода составлять не более 150 мм.

Скорость перемещения электрода и угол его наклона оказывают непосредственное влияние на глубину, ширину канавки и качество ее поверхности. Ширина канавки должна быть на 2–3 мм больше диаметра электрода. Для обеспечения высокой производительности строжки угол наклона электрода должен составлять 45–55°, а скорость перемещения электрода — 510–1000 мм/мин.

Для получения глубокой канавки следует выполнять послойную строжку при оптимальном положении электрода (рис. 2).

Расход электродов зависит от силы тока, сечения электрода, химического состава электрода, глубины канавки. В практике расход электродов составляет 65–150 мм на метр канавки.

Воздушно–дуговая строжка канавок угольным электродом является универсальным приемом удаления дефектов в сварных швах и литье. Основное ее преимущество перед газокислородной резкой заключается в том, что ее можно выполнять во всех пространственных положениях. Это позволяет легко удалять прихватки из корня шва, дефекты как с лицевой, так и с обратной стороны сварного шва без повреждения основного металла.

При выполнении воздушно–дуговой строжки следует соблюдать несколько несложных правил:

- открыть обязательно полностью вентиль подачи сжатого воздуха перед зажиганием дуги;
- не допускать применения сжатого воздуха, загрязненного водой и маслом;
- выдерживать требуемые давления и необходимый вылет электрода (недостаточное давление сжатого воздуха, большой вылет электрода при-

Таблица 2. Технические характеристики электрододержателей для воздушно–дуговой строжки угольным электродом

Параметр	K10	K12	K16
Номинальный ток резки при ПВ=60%, А	500	600	1000
Диаметр угольного электрода, мм	4–10	4–12	8–16
Размеры электрода, мм:			
ширина	15; 20	15; 20	15; 20; 25
толщина	4	4; 5	4; 5; 6
Давление сжатого воздуха, МПа, не более	0,7	0,7	0,7
Масса, г	3300	3400	4100

водят к образованию шлаковой корки на поверхности реза);

- не выполнять резку на форсированном токе, так как это приводит к перегреву и перерасходу электродов. Медное покрытие на поверхности электрода должно оплавляться на расстоянии 15–20 мм от торца электрода.

■ #103

Термическая обработка сварных соединений

Часть 5. Технология термообработки трубопроводов

(Окончание. Начало на стр. 31)

Термообработка с использованием газопламенного нагрева. Для проведения термообработки с использованием газопламенного нагрева следует решить следующие задачи: выбрать тип устройств для газопламенного нагрева в зависимости от размеров сварных соединений (диаметра и толщины стенки труб, марки стали и т. п.); определить число нагревательных устройств и схемы их рационального размещения; подобрать и скорректировать параметры (мощность пламени, расход и давление горючего газа) процесса нагрева с учетом строгого обеспечения режима термической обработки, особенно в части скорости нагрева; предусмотреть дополнительные меры с целью повышения качества термообработки и сохранения формы и размеров термообрабатываемых сварных соединений (рациональное размещение теплоизоляции, использование временных катковых опор).

Для нагрева кромок труб или сварного соединения однопламенными универсальными ацетилено–кислородными го-

релками на трубу устанавливают воронку, состоящую из изогнутого металлического листа, изнутри покрытого асбокартоном (рис. 6, а), и предназначенную для обеспечения равномерного нагрева по окружности трубы. Затем накладывают теплоизоляцию толщиной не менее 10 мм на участки трубопровода, прилегающие к зоне нагрева на ширину 150–200 мм (по каждую сторону от краев зоны нагрева). Для нагрева кромок труб можно использовать одновременно две горелки. После подключения горелки к посту для газопламенного нагрева зажигают пламя и начинают нагрев, равномерно перемещая факел горелки вокруг сварного шва или кромок труб. В процессе нагрева необходимо постоянно контролировать температуру, чтобы не допустить перегрева. Нагрев следует проводить второй и третьей зонами строго нейтрального пламени. Необходимо тщательно следить за составом пламени, так как при нагреве пламенем с избытком кислорода происходит окисление поверхности соединения (появляется окалина). А при нагреве пламенем с избытком ацетилена наблюдается науглероживание поверхности сварного соединения.

Для нагрева кромок труб или сварного соединения кольцевой многопламенной горелкой, состоящей из двух отдельных полуколец, ее устанавливают на трубу так, чтобы расстояние между внутренними

выходными мундштуками горелки и наружной поверхностью трубы было в пределах 25–30 мм (рис. 6, б). Затем накладывают теплоизоляцию толщиной не менее 20 мм на участках трубопровода, прилегающих к ЗТВ на ширину 300–400 мм (с каждой стороны от краев зоны). После подключения горелки к посту (каждая половина горелки имеет автономное питание) сначала медленно открывают вентиль, подающий газ к нижней половине горелки, а затем зажигают газозоодушную смесь. Ту же операцию повторяют с верхней половиной горелки. После появления коптящего пламени желтого цвета постепенно открывают воздушные заслонки горелки. Эту операцию проводят до тех пор, пока пламя не сформируется в кольцевой факел, состоящий из ясно выраженных небольших голубых язычков. Высоту пламени, его цвет и форму регулируют с помощью заслонок и вентиля горючего газа. Мощность каждой половины горелки регулируют отдельно, что обеспечивает равномерное распределение температуры по окружности сварного соединения. При гашении горелки после окончания термообработки сначала закрывают воздушные заслонки, а затем вентили горючего газа. Требования к составу пламени такие же, как и при нагреве однопламенной универсальной ацетилено–кислородной горелкой.

■ #102

Окончание ч.5 в следующем номере.

Инструменты фирмы «ТРУМПФ» для подготовки кромок под сварку

Е. А. Зайгерман, инж., Представительство «ТРУМПФ» в России и странах СНГ

Прочность и долговечность металлоконструкций в значительной мере определяются качеством сварных соединений. Ни одна из современных технологий сварки не обеспечивает надежность сварного шва при некачественной подготовке кромок под сварку. Подготовка свариваемых кромок является трудоемкой операцией, зачастую она требует больше времени и затрат, чем сама сварка, а при производстве сварных соединений высшей категории ответственности эта проблема выходит на первый план уже на стадии проектирования сварной конструкции.

Такие предпосылки были положены фирмой «ТРУМПФ»* в основу создания инструментов для подготовки сварных швов. В ряду инструментов «ТРУМПФ» кромкорезы занимают особое место — это чрезвычайно маневренный ручной инструмент с хорошими технологическими возможностями.

При разработке кромкорезов «ТРУМПФ», кроме обеспечения качест-

ва сварного шва, были поставлены три принципиальные задачи:

- избавиться от необходимости транспортировки на станок громоздких тяжелых заготовок;
- не изменять структуры обрабатываемого материала;
- исключить загрязнение среды вредными веществами, например такими, которые сопровождают шлифовку корродированных материалов или материалов с покрытием (выбросы искр, газы, дым и т. п.).

Эти сложные задачи были решены в результате реализации уникального принципа работы долбежного резца. Четырехгранный инструмент из специальной легированной стали для холодной обработки ход за ходом скалывает стружку с края заготовки, и таким образом однородные, без окалины и металлически чистые К, V, X, Y-образные кромки подготавливает надежно, быстро и аккуратно.

Инструменты «ТРУМПФ» серии ТКФ предназначены для подготовки кромок под газовую и электрическую сварку с различными значениями углов и длин фасок. Существует четыре модели инструмента (переносные и стационарные) для снятия фаски с заготовок из различных металлов — алюминия, черных металлов, хромированной стали и высокопрочных материалов. Они подходят для подготовки кромок под сварку на плоских листах, заготовках со сгибами и трубах. Кромкорезы «ТРУМПФ» поставляют как с электро-, так и с пневмоприводом.

ТКФ 700 (рис. 1) предназначен для обработки листов толщиной до 20 мм, максимальный катет кромки 7 мм (если задан угол снятия фаски 30°). Этот вариант инструмента представляет собой запатентованные виброножницы для выполнения обдирочной и послышной резки за одну рабочую операцию. Черновую и чистовую обработки совершают за один рабочий ход ножа. Для обработ-

ки малогабаритных деталей виброножницы могут быть установлены в стационарную рабочую станцию. Важным преимуществом этого инструмента является его малая масса — всего 5,5 кг.

ТКФ 104 — более мощная версия кромкореза, он подходит для обработки листов толщиной от 3 до 25 мм, максимальный катет кромки 11 мм. Для обработки высокопрочных листов могут быть установлены специальные резак, срок службы которых значительно продлен. ТКФ 104 может быть поставлен с инструментальной головкой для снятия фаски под углами 30, 37, 5 или 45°.

ТКФ 1500 — наиболее универсальная модель. Угол фаски плавно регулируется в диапазоне от 20 до 55°. Этим инструментом можно обрабатывать листы практически неограниченной толщины — от 3 до 160 мм; он подходит как для плоских заготовок, так и для труб диаметром от 80 мм, причем контур кромки также может быть любым (минимальный радиус для криволинейных контуров 55 мм).

ТКФ 1500 PLUS (рис. 2) оснащен второй передачей для оптимальных условий обработки высокоуглеродистых и нержавеющей сталей.

Благодаря своей конструкции инструменты «ТРУМПФ» для подготовки сварных швов можно фиксировать на заготовке «мертвой хваткой» в любой

* TRUMPF GmbH (Германия) разрабатывает, конструирует и изготавливает станки и установки, обрабатывающие листовый материал методами вырубki, высечки прессового формообразования, лазерного раскроя, координатной гибки, гидроабразивной резки, лазерной сварки и упрочнения поверхности, керновой и лазерной гравировки. Швейцарская фирма «TRUMPF Gruesch AG» — самостоятельное дочернее предприятие — с 1934 г. разрабатывает конструкции и изготавливает профессиональные электро- и пневмоинструменты для резки, высечки, соединения листовых материалов и для подготовки сварных кромок.



Рис. 1.
Кромкорез
ТКФ 700

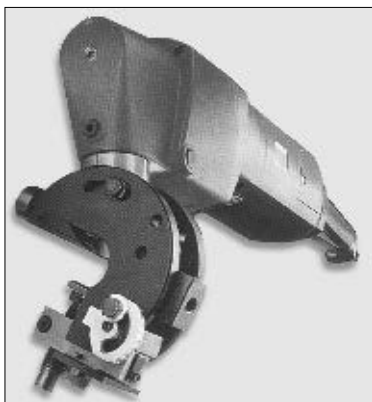


Рис. 2.
Кромкорез
ТКФ1500 PLUS

точке кромки. А для поступательного перемещения достаточно нажатия руки оператора, причем снимать фаску можно в направлении вперед и назад, начать и закончить обработку можно в любом месте на кромке листа. Можно установить инструмент в нормальном (инструментальная рама под инструментом) или в инвертированном положении (инструментальная рама над инструментом). Это облегчает обработку при подготовке X и K-образных кромок.

Только подготовленные в соответствии со стандартами гладкие металлические кромки обеспечивают высокое качество сварных швов. Зачастую в монтажных условиях нет возможности должным образом подготовить кромки, поскольку даже черновая обработка вручную — это трудоемкая операция, а обработка на станке — очень дорогостоящая из-за расхода электроэнергии и стоимости транспорта. Поэтому при сложных условиях сборки металлоконструкций или,

например, при прокладке трубопроводов в полевых условиях, альтернативы инструментам «ТРУМПФ» для подготовки сварных швов просто не существует.

За счет высокой износостойкости резца, длительного срока службы самого инструмента (10–12 лет) и отсутствия затрат на транспортировку громоздких заготовок себестоимость и трудоемкость сварочных работ при применении кромок «ТРУМПФ» значительно снижаются. ■ #104

КОНФЕРЕНЦИИ

Юбилейная конференция сварщиков Урала

З. А. Сигпун, г-р техн. наук, ООО «Ротекс-К» (Москва)

В Нижнем Тагиле (Свердловская обл.) с **27 февраля по 2 марта** этого года прошла юбилейная 20-я научно-техническая конференция сварщиков Урала. Этот город вписал славные страницы в историю сварочного производства. На крупнейшем в мире по производственным площадям Уралвагонзаводе в 1939 г. А. А. Сигпун изобрел метод дуговой сварки наконным электродом. Именно здесь в 1942 г. под руководством академика Е. О. Патона при изготовлении танков была внедрена автоматическая сварка под флюсом, обеспечившая возможность оперативного крупносерийного производства боевой техники. Она из улиц города носит имя академика Патона. В настоящее время Нижний Тагил является промышленным центром со своей сварочной школой.

Оргкомитету (председатель, г-р техн. наук, проф. В. А. Коротков) удалось собрать представительный состав докладчиков и подготовить интересную программу, привлекающую на конференцию около 180 участников не только из городов Урала, но и из других регионов России, а также из Украины, Швеции и других стран.

На пленарном заседании ряд докладов были представлены специалистами уральских центров сварочной науки: специальные методы сварки (г-р техн. наук Р. А. Мусин, Пермь, ПГТУ), прочность сварных соединений (г-р техн. наук М. В. Шахматов, Челябинск, ЮжГУ), металлургия сварки (г-р техн. наук М. П. Шапимов, Свер-

ловск, УГТУ), наплавка (г-р техн. наук Н. В. Коропов, Свердловск, УГТУ). О развитии сварки в Н. Тагиле рассказал г-р техн. наук В. А. Коротков (НТИ УГТУУПИ).

Представители ведущих российских предприятий (ММК, канд. техн. наук С. В. Михайлицын; ПГ «Ротекс», г-р техн. наук З. А. Сигпун; НПО ЦНИИТМАШ, канд. техн. наук С. Ф. Трух и др.), российских представительств ряда зарубежных фирм — «ЭСАБ» (Швеция), ИГМ (Австрия), «Мессер» (Германия) и др. — представили доклады, освещающие последние достижения в сварочном производстве.

Интересно была организована работа секций, в которых были проведены дискуссии по докладам:

- «Проблемы сварки в газовых смесях и самозащитной проволокой» — секция «Металлургия сварки».
- «Тенденции в сварке труб большого диаметра» — секция «Технология сварки, прочность сварных соединений, контроль».
- «Новое в наплавке металлургического оборудования» — секция «Восстановление и упрочнение быстрознашиваемых деталей».
- «Подготовка и аттестация кадров».

Всего было представлено более 120 докладов и сообщений. Их тематика подтверждает намеченные положительные сдвиги в развитии промышленности Урала и всей России.

Участникам конференции была предоставлена возможность ознакомиться с работой ГУП «Уралвагонзавод», посетить музей завода.

ЖИТОМИРЬСЬКА ТОРГОВО-ПРОМИСЛОВА ПАЛАТА
за сприяння Житомирської обласної державної адміністрації.
Житомирського міськвиконкому

24–26 травня 2001 року
Універсальна виставка-ярмарок

ПОЛІСЬКІ ТОРГИ • 2001

Тематика виставки-ярмарку:

- Нові технології
- Промислове, технологічне, побутове обладнання
- Сучасна техніка
- Промислові товари
- Продукти харчування
- Товари народного споживання

В програмі виставки-ярмарку:

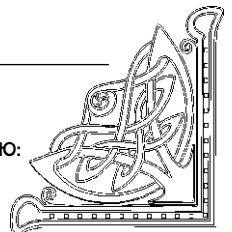
- Договірна робота учасників
- Оптова та роздрібна торгівля
- Презентація учасників
- Нагородження учасників за номінаціями
- Фуршет
- Прес-конференція

Місце проведення:

м. Житомир, Майдан Рад. 11, кінотеатр «Жовтень»

Повну інформацію стосовно виставки можна отримати за адресою:

10002, м. Житомир, вул. Гагаріна, 24. Відділ ЗЕД та інформації Житомирської ТПП.
Факс: (0412) 34-15-96, 34-55-58. Тел.: (0412) 34-44-85. E-mail: info@cci.zhitomir.ua



Типовые конструктивно–технологические дефекты оборудования для ручной газопламенной обработки металлов*

О. Е. Капустин, канд. техн. наук, ВНИИАВТОГЕНМАШ (Москва)

Оборудование для ручной газопламенной обработки металлов (ГОМ) подлежит обязательной сертификации на соответствие требованиям взрыво– и пожаробезопасности. В случае нарушения горения в процессе работы наконечник горелки при формировании потока смеси сварочного состава обеспечивает эффект сопротивления возврату пламени.

В промышленности и строительстве применяют инжекторные горелки Г2 и Г3 (с расходом горючего газа от 25 до 2750 л/ч), в которых ступенчатое регулирование пламени осуществляется посредством замены наконечников.

На основе системного анализа результатов широкомасштабных лабораторных (стендовых), полунатурных и производственных испытаний практически всех сварочных инжекторных горелок, производимых предприятиями различного технического уровня на

территории РФ и стран СНГ, выявлены и систематизированы типовые конструктивно–технологические дефекты наконечников.

При систематизации результатов исследований проводили в соответствии с требованиями безопасности, регламентированными ГОСТ 1077, ГОСТ 12.2.008, ГОСТ 29031, ГОСТ Р 50379, ISO 5172.

Основные конструктивно–технологические дефекты сварочных горелок инжекторного типа, характеристики и причины появления неисправности, их влияние на взрыво– и пожароопасность оборудования приведены в таблице.

Полученная информация полезна производителям и потребителям оборудования для газопламенной обработки металлов при оценке и выборе оптимальных конструктивных форм и решений, организации технологических

мероприятий по улучшению качества изделий, на стадиях проектирования и производства, для обеспечения безопасности при эксплуатации и ремонте сварочных горелок.

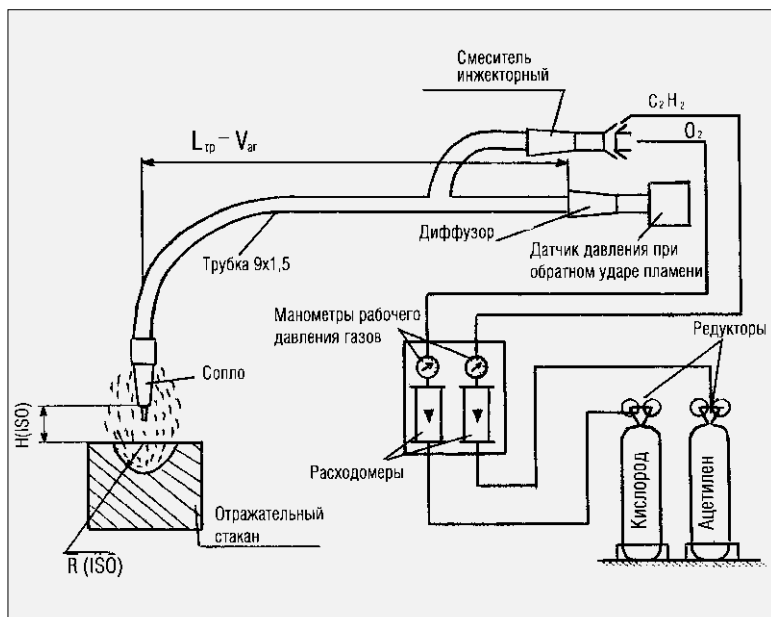
В целом появление дефектов в наконечниках горелок обусловлено несоосностью и отклонениями линейных размеров каналов, а также низкой чистотой обработки их поверхности.

Указанные дефекты отрицательно влияют на газодинамические процессы, стабильность горения, снижая тем самым эффективность газопламенной обработки и уровень безопасности сварочных работ.

Надежность и долговечность сварочных горелок инжекторного типа обеспечиваются при выполнении следующих рекомендаций:

- стандартизации всех основных узлов и элементов наконечников;
- производстве основных узлов и элементов наконечников с применением специальных технологий и соответствующего оборудования и инструмента, обеспечении необходимой чистоты обработки деталей;
- строгом соблюдении требований НТД по выбору и использованию материалов наконечников;
- разработке и внедрении современной системы качества проектирования, производства, ремонта и испытаний аппаратуры для ГОМ при параллельной организации компетентных специализированных сертификационных центров;
- сертификации производства, выпускающего газопламенное оборудование. ■ #105

Схема испытаний горелки на сопротивление обратному удару пламени при нагреве (согласно требованиям стандарта ISO 5172)



* Сварочное производство – 5, 2000 – 32 с.

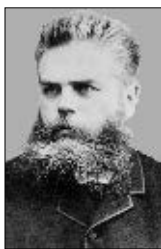
**Таблица. Основные конструктивно–технологические дефекты
наконечников сварочных горелок**

Неисправность	Характеристика	Причина	Требования безопасности
Недостаточное разрежение, отсутствие или противоток горючего газа в канале	Засорение каналов инжектора, смесителя, сопла. Несоосность каналов инжектора и смесителя. Большое расстояние от торца инжектора до входа в цилиндрический канал смесителя. Несоответствие диаметров каналов инжектора, смесительной камеры, сопла. Короткий цилиндрический канал смесительной камеры, отсутствие диффузора или большой угол раскрытия. Отсутствие конфузора сопла, большой угол сужения. Отсутствие уплотнения в месте контакта поверхности инжектора и ствола горелки	Отсутствие мойки, сушки, продувки или несоответствие их технологическому процессу. Несоблюдение линейных размеров, ошибки в чертежах на детали, отсутствие требований к несоосности, перпендикулярности поверхностей, отсутствие специального инструмента, применение двусторонней обработки каналов детали. Несоответствие размеров хвостовой части смесителя и гнезда ствола горелки. Увеличенный размер резинового уплотняющего кольца	Не допускается к эксплуатации
Негерметичность соединения сопла с ниппелем трубки наконечника	Повреждена контактная поверхность сопла или ниппеля, либо резьба сопла или ниппеля. Неперпендикулярность поверхностей относительно оси сопла ниппеля	Нарушение технологии изготовления, несоблюдение требований чертежа, не учтен отжиг материала сопла при нагреве и охлаждении	Не допускается к эксплуатации в связи с возможностью зажигания смеси в полости канала наконечника
Превышение нижнего предела рабочего давления	Ошибки в выборе расстояния от торца инжектора до устья смесительной камеры	Отклонение размеров по длине инжектора или глубине устья смесителя. Недостаточный контроль линейных размеров	Не допускается для наконечников горелок по ГОСТ 1077
Срыв пламени в атмосферу при номинальном режиме подачи смеси и увеличении расхода смеси на 25%	Недостаточная длина цилиндрического канала сопла	Нарушение геометрии канала сопла, технологии при обработке конфузора или торцовке сопла со стороны цилиндрического канала. Несоответствие диаметра канала сопла мощности пламени	Повышение газонасыщенности и взрывоопасности помещений, рабочих мест. Не допускается к эксплуатации
Хлопки и образование обратных ударов на режимах номинальной мощности и сокращение расхода смеси на 25%	Несоответствующая чистота обработки каналов сопла, в том числе конфузора, увеличенный диаметр цилиндрического канала сопла и его длина, недостаточная масса сопла, отсутствие конфузора	Ошибки в конструкции сопла, нарушения технологии изготовления	Взрывоопасно для коммуникаций наконечника и горелки. Не допускается к применению
Отсутствуют коническая или параболическая форма ядра пламени, требуемая длина на режимах номинальной мощности	Увеличенная длина цилиндрического канала сопла, отсутствие конфузора, низкая чистота поверхности каналов, несоосность конфузора и цилиндрического канала сопла, косой срез торца сопла	Нарушение технологии изготовления, применение двухсторонней обработки, дефекты режущего инструмента	Потенциальная возможность частых образований хлопков и обратных ударов пламени в процессе сварки
Сокращение времени горения смеси при испытаниях на перегрев до первого хлопка относительно времени, регламентированного стандартом ISO 5172 (см. рисунок)	Увеличение расстояния между торцем ниппеля наконечника и цилиндрическим каналом на входе смеси в сопло	Недостатки проектирования и технологии изготовления	Несоответствие требованиям безопасности стандарта ISO. Не рекомендуется к эксплуатации
Отсутствие инкубационного периода в виде непрерывных хлопков до образования незатухающего обратного удара	Ошибки в выборе линейных размеров трубки наконечника, отсутствие диффузора и конфузора, малая толщина стенки трубки, загрязненность диффузора смесителя продуктами распада ацетилена, нарушение соотношений каналов смесителя и сопла	Недостатки проектирования или отступление от чертежей	То же
Скоротечное прогорание смесителя или трубки (до 6 с)	Недостаточная масса смесителя, тонкие стенки трубки	То же	« «
Подгорание торца инжектора смесителя	Несоответствие каналов смесителя и сопла	« «	Не допускается к эксплуатации

Николай Николаевич Бенардос

А. Н. Корниенко, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Одно из крупнейших изобретений XIX века — электрическая дуговая сварка. 100-летний юбилей этого события включен в календарь ЮНЕСКО по представлению Украины.



Выдающийся изобретатель Николай Николаевич Бенардос родился 26 июня 1842 г. в семье переселенцев из Греции. С детства пристрастился к ремеслам, любил заниматься слесарным, кузнечным делом, работал в мастерских в имении деда в Херсонской губернии. В 1862 г. Н. Н. Бенардос поступил на медицинский факультет Киевского университета. В 1866 г. он стал студентом Петровской земледельческой и лесной академии в Москве, где учился в течение трех лет.

В 1868 г. Бенардос поселился с семьей в Костромской губернии. Вблизи с. Пух (ныне Ивановская обл.) он выстроил усадьбу с мастерскими. Уже в молодости Н. Н. Бенардос увлекся изобретательством, которое стало основным содержанием его жизни. Он находил оригинальные решения любой встречающейся ему технической проблемы. Список его изобретений включает гребное паровое колесо, паровоз, переходящий мели, автоматическое оружие, способ гальванизации больших площадей, реостат с водяной ванной, цифровой замок для касс и т. д. — всего 196 изобретений и проектов. Электрифицировав усадьбу, Бенардос начал применять электрическую дугу для нагрева кромок стальных листов при кузнечной сварке и обнаружил, что кромки могут сплавляться.

В 1879 г. он переезжает в Петербург, становится сотрудником фирмы П. Н. Яблочкова (автор электрической свечи), а в начале 1881 г. переселяется в Париж, где, занимаясь совершенствованием и монтажом осветительной техники, применяет дуговую сварку вместо клепки и пайки.



Несовершенство и малая мощность источников питания дуги, слабая изученность металлургических процессов сварки потребовали от Николая Николаевича еще несколько лет напряженной работы над новым способом соединения изделий. В результате были созданы первая в мире сварочная установка из электрогенератора и батареи аккумуляторов собственной конструкции, коммутаторы, держатели, разработана технология сварки стали, меди, бронзы, чугуна.

Не получая какой-либо поддержки от государства и ведя исследование и разработки за счет личных средств, изобретатель разорился, и в 1884 г. его мастерские и дом были проданы в уплату за долги.

В 1885–1887 гг. на «способ соединения и разъединения металлов дугой», названный автором «электрогефест», Н. Н. Бенардос получил патенты России, Франции, Бельгии, Великобритании, Австро-Венгрии, Швеции, Италии, Германии, США, Норвегии, Дании, Испании, Швейцарии. Патентование за рубежом финансировал купец, владелец доходных домов в Петербурге и Варшаве С. А. Ольшевский (иногда Ольшевского считают соавтором, хотя в действительности он был только совладельцем патентов). У самого Бенардоса хватило денег только на патентование изобретения в России.

В 1886 г. в Петербурге была организована первая в мире сварочная фирма «Электрогефест». Она быстро приобрела мировую известность. Промышленники многих стран, владельцы фирм, производящих паровозы, котлы и другие изделия, приезжали к Бенардосу для ознакомления с новым технологическим процессом. Они убеждались в его эффективности и быстро внедряли новшество на своих предприятиях. Изобретатель сам организовывал сварочное производство не только на заводах России, но и в Лондоне, Париже, Барселоне. К концу 1887 г. в России, странах Западной Европы и США уже работало более 100 сварочных постов.

Н. Н. Бенардос видел огромные возможности нового технологического процесса обработки металлов и непрерывно работал над его совершенствованием. В проспектах Петербургской электрической выставки 1892 г. и Всемирной выставки в Париже 1889 г. было указано 15 областей применения «электрогефеста» — для сварки, напайки, резки и т. д. Особое внимание Н. Н. Бенардос уделял повышению качества сварных со-

единений. С этой целью применял защитные газы, проковывал швы, подсыпал флюсы. Он предложил и испытал множество электродов. Сохранились его чертежи полых электродов, заполненных шихтой из смеси металлургических порошков и флюсов, оригинальные конструкции дисковых и спиральных электродов. Попутно Бенардос изобрел способ контактной точечной сварки, гидро-электроплавки, мощный аккумулятор.

Не обладая предпринимательской хваткой, увлеченный совершенствованием техники, извлечь выгоды из своих изобретений не сумел. Патентным правом на его изобретения в области сварки завладела группа дельцов, фактически лишив его возможности развивать «электрогефест». Не получая ниоткуда доходов, Бенардос оказался на вершине славы, но без средств к существованию. Самым страшным было то, что он не мог работать в полную силу, ведь изобретателю необходимо было экспериментировать, проверять идеи, искать их новыми данными. Многие его разработки опередили время. Гребной винт с поворотными полостями, электромагнитная пушка, обработка растений электрическим полем, пуля с ребрами, использование прожекторов в ночных боях, конструкция понтонов, собираемых из пустотелых обозных колес, и другие изобретения привлекли внимание специалистов много лет спустя.

В 1892 г. на IV Электрической выставке Н. Н. Бенардос представил множество экспонатов. Его работы были отмечены Золотой медалью Русского технического общества, а также получили достойное признание на Всемирной выставке в Париже в 1900 г.

7 декабря 1899 г. заслуги изобретателя были высоко оценены научно-технической общественностью России: вместе с А. С. Поповым и А. Н. Падыгиным ему было присвоено звание почетного инженера-электрика. В последний год XIX века Н. Н. Бенардос переехал в Фастов — провинциальный городок вблизи Киева. 8 сентября 1905 г. Николай Николаевич умер. Ни одна газета или журнал не сообщили о его смерти.

К вековому юбилею создания дуговой сварки в ИЭС им. Е. О. Патона была разработана и реализована программа увековечения памяти выдающегося изобретателя: сооружены памятники в Фастове и Пухе, открыты музеи, издан сборник его трудов, выпущены знаки почтовой оплаты, снят кинофильм. ■ #106