



3 (31) 2003

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

Информационно-технический журнал Сварщик™

Технологии
Производство
Сервис



СОДЕРЖАНИЕ

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

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

Издатель: ГВП «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают:



Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»
Журнал издается при содействии UNIDO

Главный редактор К. А. Ющенко

Выпускающий редактор Ю. В. Демченко

Редакционная коллегия: В. В. Андреев, В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко, Л. Н. Горбань, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко, П. П. Проценко, И. А. Рябцев, А. М. Сливинский, Б. В. Юрлов

Редакционный совет: В. Г. Фартушный (председатель), Н. М. Кононов, П. А. Косенко, М. А. Лактионов, Я. И. Микитин, Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин, А. Д. Размышляев, А. В. Щербак

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

Маркетинг и реклама Е. Б. Юрлов

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

Адрес редакции 03150 Киев, ул. Горького, 62

Телефон +380 (44) 268-3523, 227-6502

Факс +380 (44) 227-6502

E-mail welder@svitonline.com

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

Представительство в Беларуси Минск
Вячеслав Дмитриевич Сиваков
+375 (17) 213-1991, 246-4245

Представительство в России Москва
Александр Николаевич Тымчук
+7 (095) 291-7733 (т./ф.)
e-mail: welder@sovintel.ru
www.welder.ru
ООО «АНТ «Интеграция»

Представительство в Прибалтике Вильнюс
Александр Шахов
+370 (2) 47-4301
ПФ «Рекламос Центрас»

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

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

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 10.06.2003. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная №1.

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

Зак. № 10/06 от 10 июня 2003 г. Тираж 3000 экз.

Печать ООО «Людопринт Украина», 2003

01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39-41, к. 1012-1014.

Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Экотехнология», «Сварщик», 2003

Новости техники и технологии 4

Производственный опыт

- Сварка стыковых соединений на клеящихся стеклоподкладках. *В. И. Галивич, И. А. Гончаров, Ю. Г. Мосенкис* 8
- Сварка контейнеров для хранения отходов ядерного топлива. *В. Э. Трояновский, Г. М. Шеленков, Д. О. Пивоваров* 10
- Повышение качества, надежности и долговечности металлоконструкций методом ультразвуковой ударной обработки. *Д. И. Волченко* 12
- Остаточные напряжения в ремонтных сварках корпусных деталей турбин и способы их снижения. *А. Е. Анохов* 14

Заготовительное производство

- Обеспечение точности изготовления сварных конструкций. *Г. И. Лащенко* 17
- Выбор оборудования и способы резки металлов. *М. М. Лилько* 22

Наши консультации 25

Технологии и оборудование

- Ручная дуговая сварка покрытыми электродами строительных конструкций. *С. Н. Жизняков, Э. А. Сидлин* 26
- Проблемы качества жидкого стекла в производстве сварочных электродов. *А. Е. Марченко, Н. В. Скорина* 31
- Электронно-лучевая резка. *А. А. Кайдалов* 34
- Механическая прочность сварной конструкции из высокотемпературной пьезокерамики и конструкционного сплава. *Ю. Г. Задорожный* 36

Подготовка кадров

- Международные инженеры-сварщики — новое пополнение 39

Охрана труда

- Фильтровентиляционный агрегат «Шмель-1500» с вихревым улавливающим устройством. *Н. И. Ильинский, О. Г. Левченко* 40

Из истории сварки

- В. П. Никитин — создатель электросварочных источников питания, педагог, государственный деятель 41
- Мифология кузнечно-сварочного производства. *С. П. Разунович* 42

Юбилей

- Заместителю главного редактора журнала «Сварщик» Борису Владимировичу Юрлову — 50 44
- Юбилей Татьяны Николаевны Мишиной. 44

- Сварочные агрегаты MERIDIAN. *В. В. Андреев, С. П. Сидоренко* 45

2003

май-июнь



Новини техніки і технології	4
Виробничий досвід	
○ Зварювання стикових з'єднань на склоподкладках, що клеяться. <i>В. І. Галінч, І. А. Гончаров, Ю. Г. Мосенкіс</i>	8
○ Зварювання контейнерів для збереження відходів ядерного палива. <i>В. Е. Трояновський, Г. М. Шеленков, Д. О. Броварніков</i>	10
○ Підвищення якості, надійності і довговічності металоконструкцій методом ультразвукової ударної обробки. <i>Д. І. Волченко</i>	12
○ Залишкові напруги в ремонтних зварках корпусних деталей турбін і способи їхнього зниження. <i>А. Є. Анохов</i>	14
Заготівельне виробництво	
○ Забезпечення точності виготовлення зварних конструкцій. <i>Г. І. Лашченко</i>	17
○ Вибір устаткування і способи різання металів. <i>М. М. Лілько</i>	22
Наші консультації	25
Технології і устаткування	
○ Ручне дугове зварювання покритими електродами будівельних конструкцій. <i>С. Н. Жизняков, З. А. Сидлін</i>	26
○ Проблеми якості рідкого скла у виробництві зварювальних електродів. <i>А. Є. Марченко, М. В. Скорина</i>	31
○ Електронно-променево різання. <i>А. А. Кайдалов</i>	34
○ Механічна міцність зварної конструкції з високотемпературної пьезокераміки і конструкційного сплаву. <i>Ю. Г. Задорожний</i>	36
Підготовка кадрів	
○ Міжнародні інженери-зварники — нове поповнення	39
Охорона праці	
○ Фільтровентиляційний агрегат «Джміль-1500» з вихровим уловлюючим пристроєм. <i>Н. І. Лійський, О. Г. Левченко</i>	40
3 історії зварювання	
○ В. П. Нікітін — творець електрозварювальних джерел живлення, педагог, державний діяч	41
○ Міфологія ковальсько-зварювального виробництва. <i>С. П. Рагунович</i>	42
Ювілеї	
○ Заступнику головного редактора журналу «Сварщик» Борису Володимировичу Юрлову — 50	44
○ Ювілей Тетяни Миколаївни Мішиної	44
○ Зварювальні агрегати MERIDIAN. <i>В. В. Андреев, С. П. Сидоренко</i> ..	45
CONTENTS	
News of technique and technologies	4
Production experience	
○ Welding of butt joints on gluing glass pads. <i>V. I. Galinich, I. A. Goncharov, Yu. G. Mosenkis</i>	8
○ Welding of containers for storage of waste of nuclear fuel. <i>V. E. Troyanovskiy, G. M. Shelonkov, D. O. Brovarnikov</i>	10
○ Increasing of quality, reliability and durability of metal constructions by methods of ultrasonic shock treatment. <i>D. I. Volchenko</i>	12
○ Residual stresses in repair welding of casing details of turbine and methods of it's decreasing. <i>A. E. Anokhov</i>	14
Preparation production	
○ Providing of accuracy of production of welding constructions. <i>G. I. Lashchenko</i>	17
○ Choice of equipment and methods of cutting of metals. <i>M. M. Lil'ko</i>	22
Our consultations	25
Technologies and equipment	
○ Hand arc welding by covered electrodes of building constructions. <i>S. N. Zhiznyakov, Z. A. Sidlin</i>	26
○ Problems of quality of liquid glass in production of welding electrodes. <i>A. E. Marchenko, N. V. Skorina</i>	31
○ Electron beam cutting. <i>A. A. Kaydalov</i>	34
○ Mechanical strength of welding construction from high temperature piezoceramics and constructional alloy. <i>Yu. G. Zadorozhnyy</i>	36
Training of personnel	
○ International welding engineers — new restocking	39
Labor protection	
○ Filter's and ventilation's aggregate «Shmel'-1500» with vortex collection device. <i>N. I. Il'inskiy, O. G. Levchenko</i>	40
From history of welding	
○ V. P. Nikitin — creator of electrowelding power sources, pedagogue, statesman.	41
○ Mythology of forge welding production. <i>[S. P. Ragunovich]</i>	42
Jubilees	44
○ Welding aggregates MERIDIAN. <i>V. V. Andreev, S. P. Sidorenko</i> ..	45

**Засновники:**

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

Видавець:

ДВП «Екотехнологія»

Видання журналу підтримують:

Товариство зварників України,
Національний технічний університет
України «КПІ»



Журнал видається за сприяння
UNIDO

Головний редактор

К. А. Ющенко

Випускаючий редактор

Ю. В. Демченко

Редакційна колегія:

В. В. Андреев, В. М. Бернадський,
Ю. К. Бондаренко, Л. М. Горбань,
Ю. В. Демченко, В. М. Ілюшенко,
А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко,
П. П. Проценко, І. О. Рябцев,
А. М. Сливинський, Б. В. Юрлов

Редакційна рада:

В. Г. Фартушний (председатель),
М. М. Кононов, П. О. Косенко,
М. О. Лактіонов, Я. І. Мікітін,
Г. В. Павленко, В. М. Проскудін,
О. Д. Розмишляев, О. В. Щербак

Редакція:

Т. М. Мішина, Г. Л. Берзіна,
В. Ю. Демченко, М. В. Кільчевський

Маркетинг і реклама

Є. Б. Юрлов

Верстка

Т. Д. Пашигорова, А. Є. Рубльова

Адреса редакції

03150 Київ, вул. Горького, 62

Телефон

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

Факс

+380 (44) 227-6502

E-mail

welder@svitonline.com

URL

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

**Представництво
в Білорусі**

Мінськ
Вячеслав Дмитрович Сиваков
+375 (17) 213-1991, 246-4245

**Представництво
в Росії**

Москва
Олександр Миколайович Тимчук
+7 (095) 291-7733 (т./ф.)
e-mail: welder@sovintel.ru
www.welder.ru
ТОВ «АНТ «Інтеграція»

**Представництво
в Прибалтиці**

Вільнюс
Олександр Шахов
+370 (2) 47-4301
ПФ «Рекламос Центр»

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 зазначен-
ням адреси, телефону. Редакція зберігає за собою право ре-
дагувати 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 10.06.2003. Формат 60×84 1/8.

Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура

PetersburgCTT. Ум. друк. арк. 5,0. Обл.-вид. арк. 5,2.

Зам. № 10/06 від 10 червня 2003 р. Тираж 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопринт Україна», 2003

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

Тел. (044) 220-0879, 227-4280.

© «Екотехнологія», «Сварщик», 2003



Уважаемые читатели!

Накануне выхода в свет юбилейного номера журнала «Сварщик» коллективу журнала в торжественной обстановке была вручена «Почетная грамота Кабинета Министров Украины» и «Памятный знак».

Мы гордимся тем, что в год пятилетия журнала наш скромный труд получил такую высокую оценку.

Редколлегия и редакция
журнала «Сварщик»


 КАБІНЕТ МІНІСТРІВ
 УКРАЇНИ
 НАГОРОДЖУЄ
 ПОЧЕСНОЮ ГРАМОТОЮ

*Трудовий колектив
редакції журналу «Сварщик»*

*За вагомий внесок у розвиток науково-
технічного прогресу та популяризацію
зварювальних технологій*

Прем'єр - міністр
України



Віктор Янукович



м. Київ
№ 5439

14 квітня 2003 року





Автомат для дуговой сварки АДФ-800

Предназначен для автоматической сварки под флюсом стыковых швов с разделкой кромок и без нее, угловых швов наклонным электродом и нахлесточных соединений. Швы могут быть прямолинейными и кольцевыми.

Автомат (трактор) АДФ-800 представляет собой четырехколесную тележку, на которой укреплены сварочная головка с механизмом подачи электродной проволоки, кассета для электродной проволоки, бункер для подачи флюса и микропроцессорный блок управления. Для сварки угловых соединений сварочная головка поворачивается на 45°. В процессе сварки трактор передвигается непосредственно по свариваемому изделию или уложенной на нем направляющей линейке.



Техническая характеристика:

Сила номинального сварочного тока при ПВ=100%	800
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6-4
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	120-720
Скорость сварки, м/ч	12-120
Межосевое расстояние колес, мм	180
Колесная колея, мм	20
Вместимость кассеты для проволоки, кг	15
Вместимость бункера для флюса, л, не менее	3
Габаритные размеры, мм	760×370×570

Система управления обеспечивает плавное регулирование скорости подачи электродной проволоки (силу сварочного тока), скорость перемещения тележки, скорость сварки, стабилизацию параметров подачи проволоки и перемещения тележки, предварительную установку режимов сварки, дистанционное включение и плавное регулирование сварочного напряжения источника питания. Цифровая индикация на панели блока управления позволяет контролировать текущие значения силы сварочного тока, напряжения, скорости сварки, времени заварки кратера. Автомат оснащен световой индикацией контроля движения по шву. ● #325
ОАО «Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА» (Симферополь)

Сварочный механизированный аппарат (полуавтомат) ПДГ-351 для дуговой сварки

Предназначен для механизированной сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей сплошной проволокой диаметром 0,8-1,6 мм в среде защитных газов. Состоит из подающего механизма и источника питания постоянным током, размещенных в одном корпусе.

ПДГ-351 обеспечивает плавную регулировку скорости подачи проволоки, ступенчатое регулирование сварочного напряжения, два режима работы: сварка коротких швов и сварка электродуговыми заклепками.



Аппарат оснащен устройствами индикации перегрева и защиты от перегрузки.

Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	3×380
Частота питающей сети, Гц	50
Сила номинального сварочного тока при ПВ=60%, А	315
Предел регулирования сварочного тока при ПВ=100%, А	260
Количество ступеней регулирования, шт.	20
Количество ведущих роликов, шт.	1
Номинальное рабочее напряжение, В	30
Напряжение холостого хода, В, не более	45
Коэффициент полезного действия, %	77
Скорость подачи проволоки, м/ч	60-960
Потребляемая мощность, кВт·А, не более	17
Габаритные размеры, мм	815×345×815
Масса, кг	120

● #326

ОАО «Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА» (Симферополь)

Многоцелевой источник питания для дуговой сварки плавящимся электродом

Дуговая сварка и наплавка плавящимся электродом занимает в машиностроительных отраслях промышленности ведущее положение среди всех известных способов сварки как по объему наплавленного металла, так и по числу занятых рабочих и действующих установок. Большая номенклатура свариваемых материалов, высокие требования к качеству сварочных и наплавочных работ вынуждают применять различные способы дуговой сварки и наплавки.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан многоцелевой источник питания для ручной, автоматической, механизированной дуговой сварки и наплавки плавящимся электродом конструкций из стали, сплавов на основе алюминия, меди, титана (таблица).

Использование одного многоцелевого источника питания позволяет снизить затраты на приобретение гаммы источников питания, электроэнергию, а также сокра-

тить рабочее время на обслуживание оборудования, повысить эффективность использования рабочих площадей, что особенно важно в условиях судостроения и судоремонта.

Техническая характеристика:

Трехфазное напряжение питающей сети, В. 380⁺¹⁹₋₃₈
 Напряжение холостого хода, В. 90±5
 Сила тока первичного холостого хода, А, не более 8
 Диапазон регулирования силы сварочного тока, А. . . 40–500
 Диапазон регулирования рабочего напряжения, В. . . 16–60
 Амплитуда импульсов тока, А 400–800
 Длительность импульсов тока, с (1–5)·10⁻³
 Частота следования импульсов тока, Гц. 30–300
 Диапазон регулирования длительности силы модулированного тока, с. 0,01–1,0
 Диапазон регулирования частоты модуляции, Гц. . . 0,5–30
 Режим работы (ПН) при десятиминутном цикле и силе номинального сварочного тока 500 А, % . . 60–100
 Габаритные размеры, мм, не более 50×620×1600
 Масса, кг, не более 500

По комплексу сварочно-технологических свойств разработанный источник питания не имеет аналогов в Украине, странах СНГ и за рубежом.

● #327

**П. П. Шейко, В. М. Павшук,
 В. Е. Пузаненко, А. М. Жерносеков,
 ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины**

Таблица 1. Области применения многоцелевого источника питания

Способ дуговой сварки	Свариваемый материал	Преимущества по сравнению с известными источниками
Механизированная и автоматическая в среде углекислого газа постоянным током	Низколегированная сталь	Уменьшение потерь на разбрызгивание электродного металла на 40–50%, повышение производительности и снижение стоимости работ за счет уменьшения потерь сварочной проволоки и затрат на зачистку изделий от брызг
Механизированная и автоматическая в углекислом газе модулированным током	Низколегированная сталь	Управление размерами, формой и внешним видом швов, повышение механических свойств металла шва, околшовной зоны и сварных соединений
Механизированная и автоматическая в смесях газов Ag+CO ₂ , Ag+CO ₂ +O ₂ , Ag+O ₂ постоянным и модулированным токами	Низкоуглеродистая и легированная стали	Расширение диапазона сварочных токов со стабильным устойчивым процессом без разбрызгивания металла, снижение требований к точности сборки (возможна сварка по увеличенным зазорам и с превышением кромок), улучшение товарного вида швов и повышение механических свойств сварных соединений
Механизированная и автоматическая наплавка самозащитной порошковой проволокой постоянным и модулированным токами	Низкоуглеродистая сталь	Обеспечение возможности наплавки изношенных деталей как большой, так и малой толщины, повышение твердости и износостойкости наплавленного металла
Импульсно-дуговая плавящимся электродом (ИДСПЭ) в инертных газах, смесях инертных и активных газов	Сплавы на основе алюминия, меди, титана, низколегированная сталь	Обеспечение высокого качества сварных соединений в ответственных конструкциях из различных металлов в широком диапазоне свариваемых толщин, сварка в пространственных положениях
ИДСПЭ и наплавка с частотно-, широтно- и амплитудно-импульсной модуляцией параметров режима процесса	Сплавы на основе меди (бронзы, латуни), алюминия, титана, низколегированная сталь	Аналогов нет. Уменьшение требований к качеству подготовки свариваемых кромок. Обеспечение сварки по увеличенным зазорам. Уменьшение количества дефектов в сварных швах, повышение их служебных характеристик. Улучшение товарного вида сварных соединений
Ручная дуговая постоянным током	Низколегированная сталь	Расширение на 20–30% диапазона сварочных токов с устойчивым стабильным качественным процессом, исключение стартовой пористости швов
Ручная дуговая модулированным током	Низколегированная сталь	Значительное облегчение сварки вертикальных швов. Улучшение механических свойств металла шва, околшовной зоны и служебных характеристик соединений

Асинхронный сварочный генератор

Для выполнения сварочных работ в полевых условиях широко используют передвижные сварочные агрегаты на базе вентильных генераторов постоянного тока, которые представляют собой двухпакетные индукторные машины переменного тока повышенной частоты с выпрямительным блоком. Однако в настоящее время такие генераторы технически и морально устарели и не полностью соответствуют современным технологическим требованиям. В них не предусмотрена корректировка внешних статических и динамических характеристик, плавное регулирование сварочного тока осуществляется в узком поддиапазоне, в полевых условиях для подключения инструмента, требующего однофазное или трехфазное напряжение 220/380 В (50 Гц), необходимо дополнительно устанавливать еще одну машину — вспомогательный генератор переменного тока. Часто при выполнении сварочных работ в полевых условиях существует необходимость воздушно-плазменной резки, что невозможно выполнить без существенной модернизации сварочного генератора.

В ИЭС им. Е. О. Патона проведены исследования и разработаны основы построения асинхронных сварочных генераторов на токи до 630 А. Их преимущества перед вентильными сварочными генераторами:

- плавное местное и дистанционное регулирование сварочного тока во всем диапазоне стандартным электрическим сигналом управления;
- коррекция внешних статических и динамических характеристик в зависимости от марки применяемых электродов и условий работы;
- наличие одно- и трехфазной сети переменного тока напряжением 220/380 В (50 Гц);
- наличие пониженного переменного напряжения 24 или 36 В (50 Гц).

Установка дополнительных блоков в базовую модель асинхронного сварочного генератора позволяет выполнять воздушно-плазменную резку, механизированную сварку в защитных газах. Оригинальный алгоритм управления сварочным током обеспечивает высокое качество сварки и открывает широкие возможности для проявления новых технологических преимуществ при различных способах сварки.

В разработанных генераторах используют серийные асинхронные электродвигатели соответствующей мощности, что обеспечивает их высокую надежность, удобства при эксплуатации и невысокую стоимость. Создан модельный ряд асинхронных сварочных генераторов для сварки на токах от 160 до 630 А, в том числе двух-четырёхпостовые.

Техническая характеристика базовой модели на 315 А:
 Номинальный сварочный ток, при ПН=60%, А 315
 Номинальное рабочее напряжение, В 32,6
 Диапазон регулирования сварочного тока, А 40–350
 Напряжение холостого хода, В, не более 85
 Мощность трехфазной сети 380 В (50 Гц), кВт·А 8
 Масса, кг, не более 270

● #328

Г. Н. Москович, И. И. Заруба,
 ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Новая технология сварки трением

Минский тракторный завод в течение более сорока лет занимается разработкой и внедрением специализированных машин для сварки трением. За это время разработано свыше 50 моделей, которые эксплуатируют более чем на 20 заводах различных отраслей промышленности.

Специализированные машины для сварки трением, разработанные отделом главного сварщика МТЗ, имеют различное конструктивное исполнение и позволяют получать сварные соединения как сплошного, так и трубчатого сечения из материалов: сталь+сталь, сталь+медь, медь+медь, алюминий+алюминий, чугун+чугун, титан+никель.

На МТЗ создана новая технология комбинированной сварки трением, защищенная несколькими авторскими свидетельствами и патентами. Данная технология:

- гарантирует абсолютную надежность сварных изделий ответственного назначения;
- расширяет номенклатуру свариваемых материалов, соединяя материалы, не свариваемые известными способами;
- обеспечивает высокое качество сварных соединений из материалов с плохой свариваемостью, например, жаропрочные сплавы и легированные стали и т. д.;
- обеспечивает прочность соединения при знакопеременных нагрузках на уровне прочности основного металла свариваемых изделий.

В настоящее время ОГС МТЗ ведет работы по созданию нового поколения машин для сварки трением. Разработан комплект конструкторской документации системы непрерывной регистрации параметров режима сварки и управления универсальной специализированной машиной комбинированной сварки трением на базе программируемого контроллера. Ее внедрение позволит:

- осуществить компьютерное программирование режимов сварки при смене модификаций свариваемых деталей;
- отследить все параметры процесса сварки, сравнить их с эталонными и дать заключение о годности сварной детали, что обеспечит их идентификацию;
- оперативно осуществить перекоммутацию и диагностику электро- и гидроприводов, а также системы управления в целом;
- задать граничные условия протекания процесса сварки трением. ● #329

В. А. Лактионов, РУП «Минский тракторный завод» (Минск)

ОАО «Рыбинские моторы» развивается

Чтобы превратиться в сильную и преуспевающую компанию, ОАО «Рыбинские моторы» (Рыбинск Ярославской обл., Российская Федерация) понадобилось почти двенадцать лет.

Теперь за ОАО «Рыбинские моторы» закреплён статус головного производителя двигателей АЛ-41Ф для боевой авиации. Предприятие завершило испытания ещё одного двигателя — РД-600В, разработанного заводом совместно с авиаконструкторскими предприятиями Москвы и Перми и предназначенного для вертолетов Ка-60 и Ка-62 и их модификаций.

ОАО «Рыбинские моторы» осваивает широкую номенклатуру мелкосерийного производства газотурбинных двигателей и газотурбинных энергетических установок. Это требует серьёзных преобразований в системе подготовки производства, формирования наиболее рациональных и эффективных технологических систем, расширяющих технический потенциал предприятия. Для реализации этих целей в объединении создан участок для выполнения токарных, сверлильно-фрезерных работ на крупногабаритных деталях и узлах газотурбинных двигателей и энергетических установок. Сейчас здесь создан комплект оборудования, позволяющий обрабатывать детали и узлы диаметром до 4000 мм и массой до 10 т.

Лидерство ОАО «Рыбинские моторы» в высокотехнологичном бизнесе обеспечивает постоянное техническое перевооружение производства. На предприятии проводят реконструкцию инженерной и кон-

структорской баз, внедряют «сквозные» технологии проектирования и изготовления, позволяющие избежать лишних затрат и выйти на качественно новый уровень. Проведена комплексная компьютеризация, внедряют программу информационных технологий, охватывающую все предприятие.

Расширился перечень новых технологических процессов:

- обработка металла лазером и ультразвуком, электронно-лучевая сварка крупногабаритных узлов и деталей;
- высокоточное вакуумное литье крупногабаритных деталей и литье лопаток методом направленной кристаллизации;
- изотермическая точная штамповка в состоянии сверхпластичности жаропрочных, алюминиевых и титановых сплавов, гидроштаповка и штамповка взрывом;
- изготовление деталей методом порошковой металлургии;
- изготовление деталей из композиционных материалов и конструкционной керамики;
- глубинное и электрохимическое шлифование;
- изотермическая и тепловая вальцовка;
- дробометные методы упрочнения деталей;
- плазменное напыление деталей, газотермическое напыление износостойких, жаростойких и уплотнительных покрытий;
- восстановительная термовакуумная обработка деталей турбины и другие высокотехнологичные процессы ремонта деталей двигателей (в частности, для устранения эрозии и фреттинг-коррозии);
- ротационная формовка деталей из пластмасс, ротационная распайка тонкостенных оболочек;
- автоматизированная резка водой под высоким давлением стеклопластиковых капотов снегоходов;
- вырубные и листогибочные прессы для высокоточной обработки деталей снегоходов любой конфигурации.

Высокие технологии внедрены пока только на отдельных участках и ещё не стали нормой для всего предприятия, не превратились в идеологию работы, не охватили все ключевые процессы. На решении этих задач базируется стратегическая линия технического развития предприятия. ● #330

ОАО «Рыбинские моторы»



ВНИМАНИЕ! Продолжается подписка – 2003

на журнал «Сварщик».

Подписной индекс **22405**

в каталогах «Укрпошта»,
«Пресса России», «Белпочта».





Сварка стыковых соединений на клеящихся стеклоподкладках

*В. И. Галинич, И. А. Гончаров, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона,
Ю. Г. Мосенкис, канд. техн. наук, ОАО «Завод Ленинская кузница»*

При строительстве корпуса судна стыковые швы по протяженности составляют 25–30%, остальные 70–75% приходится на угловые швы. Однако основную ответственность за жизнеспособность судна несут стыковые швы, поэтому к их выполнению привлекают наиболее квалифицированных сварщиков.

Несущую способность стыковых швов обеспечивает их сплошность (отсутствие трещин, пор и др. дефектов), хороший провар соединяемых кромок по всему сечению и в корне шва, наружная форма шва и, особенно, плавный переход от шва к основному металлу. При обеспечении этих требований наибольшие трудности вызывает качественное сплавление кромок в корне шва. Наличие даже небольшого непровара в корне шва может стать очагом разрушения всего соединения.

Для предупреждения разрушения применяют двусторонние сварные швы с промежуточной строжкой для удаления корневой части первого шва (рис. 1). Такая технология существенно увеличивает трудоем-

кость сварочных работ и приводит к повышенному расходу сварочных материалов.

Более экономичным является одностороннее стыковое соединение с уплотнением корня шва. В последнее время на стапеле при сварке стыковых соединений для уплотнения используют гибкие флюсокерамические подкладки на латексной основе. Такие подкладки выпускают разные фирмы, производящие сварочные материалы, но стоимость их достаточно высока (около 10 долл. США за 1 м).

В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны гибкие клеящиеся подкладки, в которых вместо керамики применено стекло. В качестве основы используют мягкую алюминиевую фольгу, покрытую слоем клея постоянной липкости. Поперечное сечение подкладки показано на рис. 2.

Длина каждого стеклянного звена 35 мм, что обеспечивает достаточную гибкость подкладки. Длина всей стеклянной подкладки не более 0,5 м. Благодаря этому подкладки можно легко установить и приклеить. В отдельных случаях для достижения лучшего прилегания подкладки к поверхности обратной стороны стыка допускают легкое приколачивание ее молотком. Сварку выполняют в нижнем, вертикальном, промежуточном между нижним и вертикальным положениях. Несколько сложнее выполнять стыковые швы в горизонтальном положении (в судостроении их называют пазами) на вертикальной плоскости. Это связано с трудностями формирования шва, предотвращения возможности наплывов на нижнюю кромку соединения. Сварное соединение предварительно подготавливают (рис. 3). Возможность использования этой технологии сварки определяли для наиболее часто применяемого в судостроении металла толщиной 8–16 мм.

Подкладку приклеивают со стороны корня разделки симметрично к кромкам. Допуск на несимметричность составляет не более 1,5 мм. Торцы подкладки нужно плотно стыковать между собой. Необходимо обеспечить хорошее приклеивание

Рис. 1. Схема двусторонней сварки стыка с промежуточным удалением корня первого шва

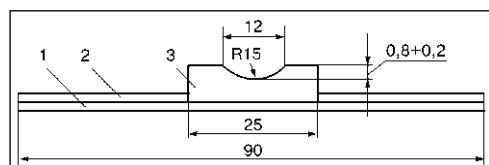
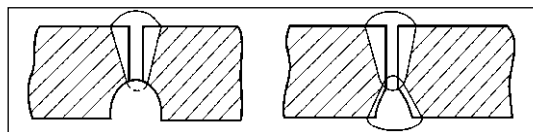


Рис. 2. Поперечное сечение приклеиваемой подкладки: 1 — алюминиевая фольга с клеем постоянной липкости; 2 — антиадгезионная бумага (удаляется перед приклеиванием); 3 — стеклянный элемент

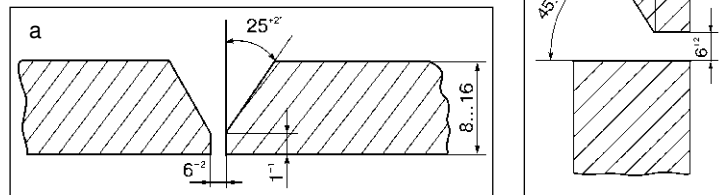


Рис. 3. Схема подготовки кромок для односторонней сварки горизонтальных (а) и вертикальных (б) стыков

подкладок к поверхности соединения. С этой целью рекомендуют после приклеивания провести по подкладке с некоторым усилием деревянным предметом (торцом планки соответствующей ширины).

При сварке особое внимание следует уделять первому проходу стыкового шва, который обеспечивает провар обеих кромок и формирует обратную сторону шва. Предпочтительно этот проход выполнять порошковой проволокой малого диаметра (1,2 мм) в углекислом газе или смеси аргона с углекислым газом. Режимы сварки сплошной проволокой марки ОК Tuborg 15.14 в углекислом газе приведены в *таблице*.

После выполнения корневого прохода подкладку, как правило, отклеивают от шва. В тех местах, где она осталась, ее нужно удалить. После этого поверхность шва следует очистить с обеих сторон и осмотреть. Возможные местные нарушения формирования (непровары, наплывы) необходимо устранить при выполнении первого валика, затем заполнить все сечения разделки. Для заполнения шва использовали проволоку сплошного сечения марки ОК Autrod 12.51 диаметром 1,2 мм.

Контроль соединения выполняли визуально, γ -графированием и исследованием механических свойств образцов-свидетелей.

При внешнем осмотре швов, выполненных по предлагаемой технологии, имели место небольшие отступления от требований геометрии шва, выражающиеся в основном в местных сужениях, исправление которых не вызывает трудностей и не приводит к существенному увеличению затрат. Результаты γ -графирования показали, что если средний процент брака двусторонних швов с промежуточной строжкой (ранее применяемая технология сварки) составляет около 5%, то при сварке с применением клеящихся стеклоподкладок он находится в пределах 0,5–0,7%.

Механические испытания также подтвердили преимущество соединений, выполненных на стеклоподкладках. При испытаниях на статический изгиб положительные результаты получены как для образцов, в которых в растянутой зоне находится лицевая сторона шва, так и для образцов с растянутой зоной в корне шва. Испытания на ударный изгиб образцов по Шарпи показали, что при температуре испытаний минус 20 °С работа удара не менее 52 Дж. Эти значения отвечают требованиям всех классификационных Обществ (LRS, YL,

Таблица. Режимы механизированной сварки в углекислом газе стыковых швов на клеящихся стеклоподкладках

Положение в пространстве	Сила тока, А	Напряжение, В
Нижнее:	1-й шов	160–180
	2-й и остальные	140–160
Вертикальное:	1-й шов	140–150
	2-й и остальные	120–130
Горизонтальное:	1-й шов	130–140
	2-й и остальные	110–130

ВУ и т. д.), предъявляемым к корпусным сталям различной категории прочности.

При определении экономической эффективности технологии сварки на стеклянных подкладках могут быть приняты два базовых варианта: сварка с двух сторон с промежуточной строжкой; сварка с одной стороны с уплотнением корня шва флюсокерамической подкладкой. В первом случае следует учитывать сокращение сроков постройки судна благодаря снижению общей трудоемкости и исключению промежуточных операций строжки и зачистки, требующих привлечения рабочих других специальностей. Во втором случае технология не изменяется, и экономия достигается только за счет разницы в стоимости подкладок.

Трудоемкость выполнения сварных швов с двух сторон с промежуточной строжкой и соответствующей зачисткой при толщине свариваемого металла 12 мм составляет 5 ч на 1 м шва, применение подкладок сокращает трудоемкость в два раза. Таким образом, за счет сокращения трудоемкости на 1 м шва экономится 14 грн. Сокращение объема наплавленного металла на 30% позволяет экономить на сварочных материалах 4,2 грн. Сокращение сроков постройки дает дополнительно 25 грн. на 1 пог.м. В среднем протяженность швов, выполняемых с помощью подкладок, на корпусе составляет около 320 м, что позволяет получить экономический эффект около 13,5 тыс. грн. на одном корпусе судна.

Расчет по второму варианту сводится к учету разницы стоимости подкладок. Стеклоподкладка стоит 2 \$ за 1 м, т. е. на 1 м шва экономится 8 \$. Учитывая протяженность швов, экономия составит 13,4 тыс. грн.

Сопоставление данных расчета экономического эффекта первого и второго вариантов показало, что переход с двусторонних швов на односторонние с применением для их выполнения флюсокерамических подкладок с учетом оплаты труда в Украине не дает экономического эффекта, а при использовании стеклянных подкладок экономический эффект очевиден. ● #331

Сварка контейнеров для хранения отходов ядерного топлива

*В. Э. Трояновский, инж., Г. М. Шеленков, канд. техн. наук, Д. О. Пивоваров, инж.,
ОАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе»*

ОАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе» в 2001 г. приняло заказ на изготовление опытной партии контейнеров для хранения отходов отработанного ядерного топлива на Чернобыльской АЭС, которые впоследствии получили название «патроны».

Конструктивно патрон состоит из двух разъемных частей: корпуса и колпачка. Длина патрона в сборе составляет примерно 4 м. Несущим элементом как для корпуса, так и для колпачка является труба диаметром 89×2 мм из стали 08Х18Н10Т, к которой с одной стороны приваривают эллиптические доньшки, а с другой — переходники.

В условиях монтажа, после загрузки отходов ядерного топлива в корпус патрона, его закрывают колпачком и герметизируют сваркой по линии соединения переходников. Для вакуум-контроля монтажного шва, а также для последующего заполнения полости патрона гелием в доньшке колпачка предусмотрен тонкостенный штуцер, который также подлежит сварке при монтаже роботом-сварщиком.

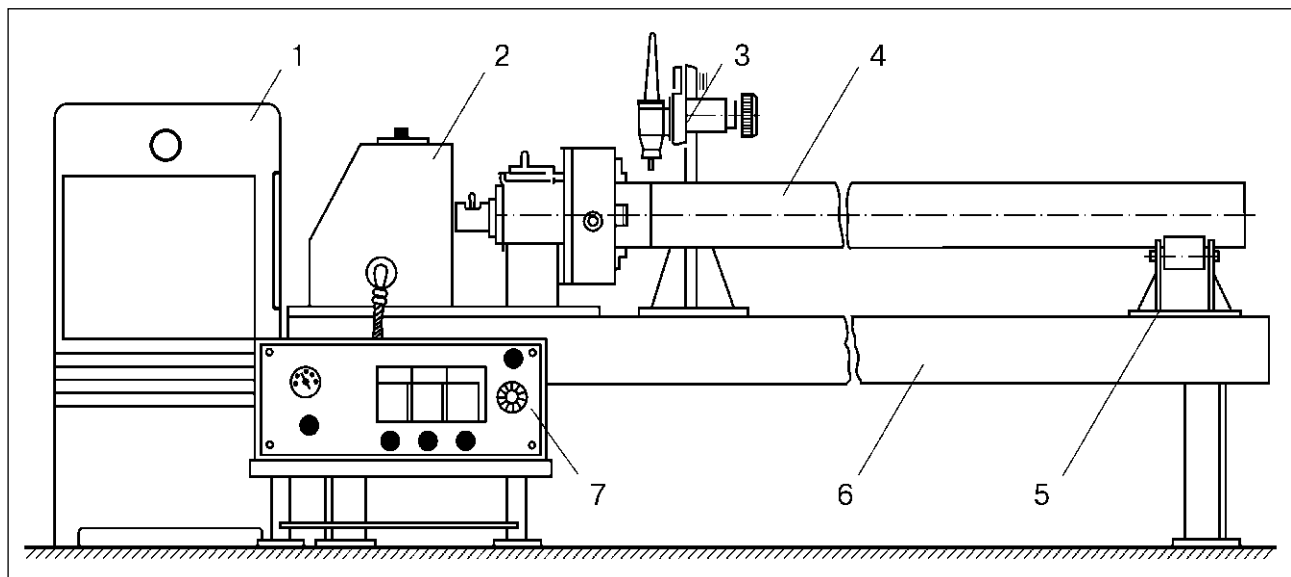
Учитывая, что патрон относится к классу 2Л безопасности в соответствии с

НП 306.1.02/1-034-2000 (ОПБ-88) и эксплуатируют его в условиях прямого контакта с ядерным топливом при давлении до 0,25 МПа и температурах от минус 35 °С до плюс 300 °С, а также принимая во внимание 100-летний гарантийный срок эксплуатации, к конструкции патрона и к сварным швам предъявляют жесткие требования в части качества сварных соединений, обеспечения геометрических размеров сварных швов и сохранения геометрических размеров деталей, предусмотренные требованиями ПНАЭ Г-7-009-89, ПНАЭ Г-7-010-89, ISO 9001, а также дополнительными требованиями.

Этими требованиями предусмотрено проведение:

- внешнего осмотра и измерений геометрических размеров сварных швов и линейных размеров патрона после сварки;
- цветной дефектоскопии сварных швов;
- радиографического контроля сварных швов в объеме 100%;
- проверки на герметичность гелиевым течеискателем;
- контроля поверхности патрона на ферритные загрязнения;

Рис 1. Схема установки для автоматической сварки элементов труб: 1 — сварочный источник питания; 2 — вращатель; 3 — сварочная головка; 4 — свариваемое изделие; 5 — роликоопоры; 6 — сварочный стол; 7 — аппаратный блок



- механических испытаний и испытаний на стойкость против межкристаллитной коррозии при нормальной и повышенной (+300 °С) температурах производственных образцов сварных соединений.

При изготовлении сварных конструкций с подобными требованиями рекомендуют применение современной высокоточной сварочной техники, позволяющей в полной мере реализовать возможности технологии сварки.

Первоначально при разработке технологии сварки за основу была принята автоматическая импульсно-дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертных газов с применением автомата орбитального типа фирмы «ESAB» с программируемыми режимами сварки в сочетании с принудительным формированием корня шва контролируемым подпором защитного газа. Такая технология была реализована при изготовлении опытной партии патронов. Однако в дальнейшем возникли трудности с переносом разработанной технологии с опытной (одиночной) партии на крупносерийную, связанные с высокой стоимостью импортного оборудования, а также с комплектованием рабочих мест высококвалифицированными сварщиками, владеющими навыками работы с современным оборудованием. Поэтому было принято решение применить поворотную сварку стыков в нижнем положении на фиксированных режимах и разработать конструкцию сварочного автомата узкоцелевого назначения, предельно упростив его, не снижая технических возможностей.

Такой автомат был разработан, а опытный образец его, получивший название «Уран», укомплектованный сварочным источником «ТТ-3000» фирмы «FRONIUS» (Австрия), был изготовлен и опробован в конце 2001 г. После доработки автомат был запущен в серию. К середине второго квартала 2002 г. сварочный участок был полностью укомплектован автоматами «Уран-1».

Сварочная головка 3 автомата «Уран-1» (рис. 1) состоит из следующих составных частей: вращателя 2 и роликоопор 6 (применяемых при сварке длинномерных труб), смонтированных на сварочном столе 5. В зависимости от конкретной задачи конструкцию и размеры сварочного стола выбирают индивидуально, с учетом обеспечения удобства эксплуатации автомата. Сварочная головка автомата качающегося типа со встроенным копиром позволяет в процессе

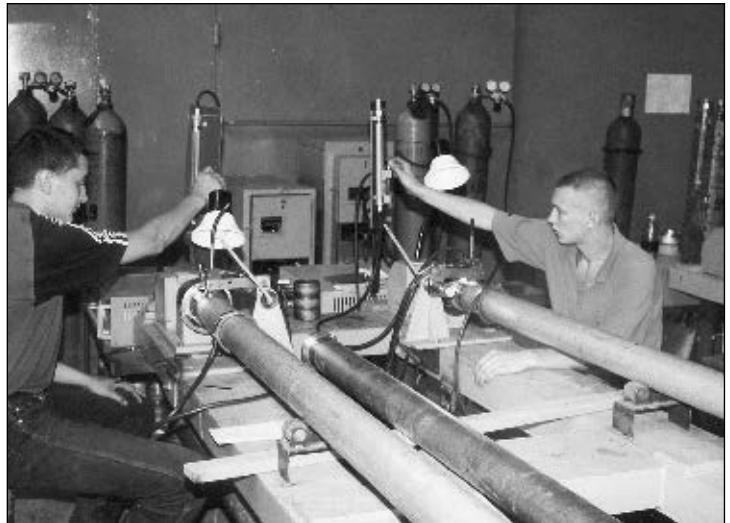


Рис. 2. Рабочие места для автоматической сварки элементов труб

сварки автоматически поддерживать заданное расстояние от конца электрода до поверхности изделия (дуговой промежуток).

Вращатель оснащен трехкулачковым токарным патроном диаметром 160 мм, в котором крепят подлежащие сварке элементы. Скорость вращения патрона постоянная, нерегулируемая (0,7 об/мин), что соответствует заданной скорости сварки труб диаметром 89×2 мм.

Функциональные возможности сварочного источника питания фирмы «FRONIUS» («ТТ-3000» или MW-3000) в сочетании с аппаратным блоком автомата позволяют выполнять сварку вольфрамовым электродом в среде инертного газа как на постоянном токе, так и в импульсном режиме. Схемой автомата предусмотрены заварка кратера, а также предварительная и финальная (после гашения дуги) продувка системы инертным газом.

Автоматы отличает простота эксплуатации, что позволило в сжатые сроки произвести подготовку операторов (рис. 2). Практика применения автоматов в условиях двухсменной работы при выполнении производственной программы подтвердила их высокую надежность.

Данные автоматы без каких-либо доработок были успешно применены при сварке восьмиметровых пеналов из труб диаметром 102×2 мм. Опытные работы показали, что упрощение конструкции автомата «Уран-1» в значительной мере компенсируется расширенными технологическими возможностями источников питания «FRONIUS», и при этом качественные сварные соединения элементов труб получают в достаточно широком диапазоне диаметров и толщин.

● #332

Повышение качества, надежности и долговечности металлоконструкций методом ультразвуковой ударной обработки

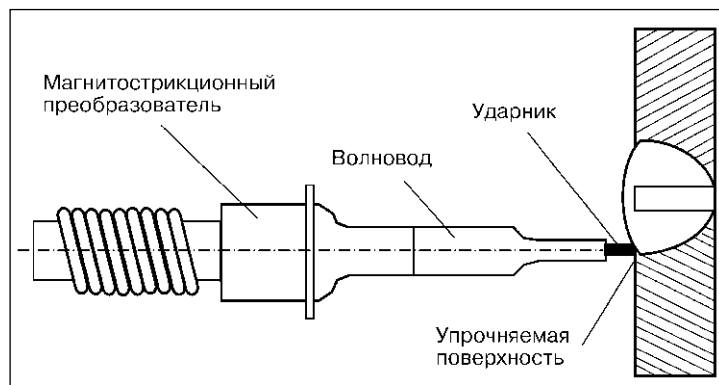
Д. И. Волченко, Северная научно-техническая компания (Северодвинск)

Ультразвуковая ударная обработка (УУО) — наиболее прогрессивный метод поверхностной обработки металлов, который обеспечивает высокое качество и надежность металлических конструкций, деталей механизмов и машин на основе повышения сопротивления усталости, контактному повреждению, абразивному изнашиванию поверхности и коррозионным повреждениям, релаксации и замещения неблагоприятных остаточных растягивающих напряжений, повышения размерной стабильности изделий, компенсации остаточных деформаций, повышения поверхностной твердости изделий, уменьшения сопротивления трению.

Впервые метод, технология и образцы оборудования для него были разработаны в конце 1960-х — начале 70-х гг. группой инженеров по идее и под руководством Е. Ш. Статникова на Северном машиностроительном предприятии (СМП) в Северодвинске.

Метод ультразвуковой ударной обработки основан на преобразовании гармонических колебаний ультразвукового вибратора в ударные импульсы ультразвуковой частоты (рис. 1). Их воздействие вызывает пластическую деформацию обрабатываемого материала и распространение в нем мощных волн напряжений на частоте ударов и несущей частоте импульсов ультразвука.

Рис. 1. Принципиальная схема ультразвуковой ударной обработки



В результате воздействия ультразвукового ударного инструмента на сварные соединения металлоконструкций обеспечивается:

- снижение уровня остаточных сварочных напряжений растяжения и остаточных деформаций;
- создание в зоне ультразвуковой ударной обработки благоприятных сжимающих напряжений;
- снижение уровня концентраций внешних напряжений.

Применение УУО для снятия сварочных напряжений позволяет в ряде случаев частично или полностью отказаться от термообработки.

Ультразвуковая ударная обработка металла повышает прочность и долговечность конструкций, подверженных циклическим и переменным нагрузкам (рис. 2). Экспертные исследования усталости элементов мостовых конструкций после ультразвуковой ударной обработки показали десятикратное увеличение стойкости к образованию усталостных трещин.

Коррозионные и коррозионно-усталостные испытания сварных соединений после УУО показали увеличение сопротивления этим видам повреждений соответственно в 2–4 и 8–12 раз, в зависимости от материала и условий нагружения.

Классической областью использования технологии ультразвуковой ударной обработки является изготовление и ремонт металлических конструкций: автомобильные и железнодорожные мосты, мачтовые сооружения (краны, телебашни), магистральные трубопроводы, буровые платформы, корпуса судов, детали машин и механизмов.

Ультразвуковая ударная обработка мест сварки и наплавки на гребных винтах из бронзы обеспечивает высокое качество

металла сварного соединения, которое не уступает качеству металла после термообработки. Данная технология получила одобрение Det Norske Veritas.

Основные преимущества метода:

- высокая эффективность при низкой в сравнении с другими методами стоимости работ, гарантия качества и достижения заявленного результата;
- возможность выполнения ремонтных работ в условиях эксплуатации объектов обработки;
- локальность воздействия;
- возможность замены термообработки;
- мобильность;
- экологическая чистота и производственная безопасность.

Северная научно-техническая компания (СНТК) совместно с «Applied Ultrasonics» разработали мобильный комплекс ручной УУО, который обеспечивает обработку металлических конструкций на частотах 27, 36, 44 и 55 кГц (рис. 3). Применение этого диапазона частот повышает мобильность и технологичность метода при необходимости выполнения работ непосредственно на объектах, в труднодоступных местах и сложных пространственных положениях. С повышением резонансной частоты уменьшается масса инструмента (с 3 кг при 27 кГц до 0,5 кг при 44 кГц) практически при той же энергии удара и производительности обработки.

Примером эффективного практического использования УУО являются работы по упрочнению сварных узлов на автодорожных мостах в США. В 1997 г. УУО была продемонстрирована при ремонте моста через озеро Аллатуна в штате Джорджия. Мониторинг контрольных узлов и узлов, ремонт которых осуществляли с использованием УУО, выполняли через каждые три месяца в течение 1,5 лет. Он показал, что ни на одном из 12 узлов после УУО не было обнаружено ни одной трещины. В то же время все 12 контрольных узлов дали трещины в течение первых 3–6 мес. эксплуатации моста.

Американская компания «Applied Ultrasonics» — стратегический партнер и заказчик СНТК — в 2001-м и 2002-м гг. использовала технологию УУО при строительстве шести мостов и двадцати мостовых крупномасштабных балок в штатах Джорджия, Вирджиния, Пенсильвания.

● #333

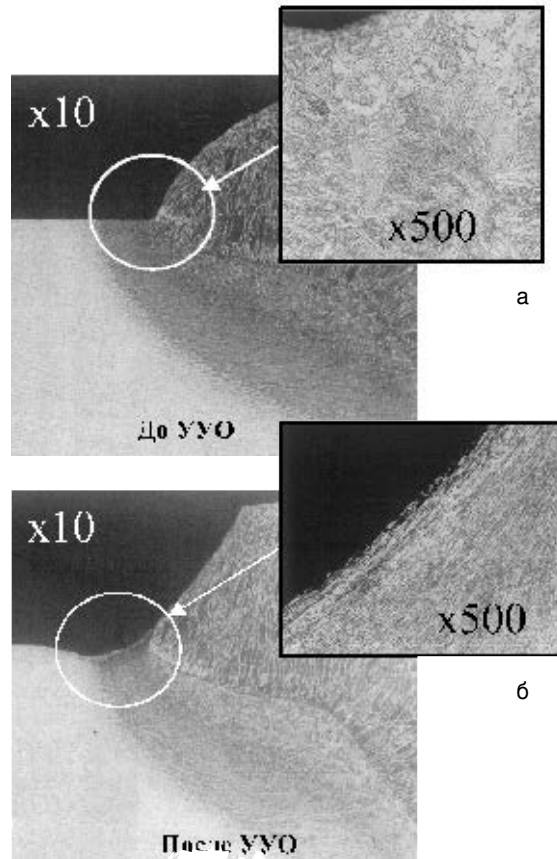


Рис. 2. Сечение сварного шва до (а) и после (б) ультразвуковой ударной обработки линии перехода «шов—основной металл»



Рис. 3. Комплекс для ультразвуковой ударной обработки



Остаточные напряжения в ремонтных сварках корпусных деталей турбин и способы их снижения

А. Е. Анохов, канд. техн. наук, ОАО «Всероссийский теплотехнический институт» (Москва)

Анализ состояния агрегатов на ряде электростанций показал, что наибольшее количество эксплуатационных повреждений встречается на корпусных деталях турбин. Характерные повреждения в виде трещин на цилиндрах высокого давления наблюдаются в районе паровпуска и в зоне обоймы регулирующей ступени. В стопорных клапанах типичными являются повреждения в радиусных переходах, а также в зонах паровпуска. При этом трещины имеют протяженность от 200 до 2000 мм.

С целью продления ресурса поврежденных деталей в ОАО «ВТИ» разработана технология ремонтной сварки, позволяющая восстанавливать массивные корпуса из низколегированных дисперсионно-твердеющих сталей (сталь 15Х1М1ФЛ и 20ХМФЛ) перлитными электродами аналогичного химического состава без термической обработки.

Особенностью технологии является двухслойная облицовка поверхности свариваемой выборки и послойное ее заполнение. Это позволяет избежать образования хрупких структур в зоне термического влияния и обеспечить удовлетворительные служебные характеристики сварного соединения в целом. Однако невозможность проведения послесварочной термической обработки массивных корпусных деталей турбин делает актуальной проблему снижения уровня остаточных сварочных напряжений, возникающих после сварки.

Исследования распределений остаточных напряжений в сварных соединениях, выполненных электродами перлитного класса без термической обработки, проводили на литых патрубках диаметром 325×52 мм, вырезанных из стопорного клапана турбины К-200-130. Материал исследования — сталь 15ХМ1ФЛ. Сварку патрубков осуществляли электродами марки ТМЛ-4В.

Реализована следующая схема сварки:

- нанесение первого слоя облицовки толщиной 5–6 мм;

- механическая обработка облицовочного слоя до толщины 2–3 мм;
- сборка патрубков на подкладном кольце;
- выполнение корневого шва и второго слоя облицовки с предварительным и сопутствующим подогревами до 300 °С;
- послойное заполнение разделки с предварительным и сопутствующим подогревами до 300 °С;
- остывание сварного соединения под слоем асбеста до комнатной температуры.

В соединениях с кольцевыми швами основное влияние на образование остаточных напряжений оказывают окружное сокращение металла в зоне пластических деформаций и изгиб оболочки. В многопроходных швах к этим двум факторам добавляется неравномерность усадки поперек отдельных слоев.

Исследование остаточных напряжений выполняли механическим путем, основанном на принципе упругой разгрузки объема металла при его освобождении от остаточных напряжений путем разрезки. Изменяя деформации, возникающие при резке, можно вычислить остаточные напряжения по формулам теории упругости.

В целях экономии металла и возможности расчета отдельно окружных и поперечных остаточных напряжений в кольцевом шве применяли следующую методику. Для определения распределения окружных напряжений по толщине стенки на внутренней поверхности сваренного патрубка размещали электрические тензодатчики фольгового типа с базой 10 мм. На подготовленной поверхности тензорезисторы закрепляли при помощи клея БФ-2. Отобранные для наклейки тензорезисторы проверяли мегометром на целостность чувствительного элемента. После наклейки и полимеризации клея проверяли качество наклейки тензорезистора по сопротивлению чувствительного элемента, а также по отсутствию короткого

замыкания чувствительного элемента на корпус изделия.

Для защиты от воздействия окружающей среды на наклеенные тензорезисторы был нанесен слой защитного покрытия (эмаль). Патрубок разрезали в два этапа, сначала — по противоположной от датчиков стороне. При этом разрывались связи, действовавшие по окружности патрубка, а датчики фиксировали происшедшую при этом деформацию. Эту деформацию принимали за начальную (нулевую).

Далее методика определения остаточных напряжений совпадает с методикой П. Н. Давиденкова для призматических образцов. После снятия каждого слоя выполняли измерения деформации до полной разрезки патрубка. Глубина каждого снятого слоя составляла 2–6 мм. Расчет остаточных сварочных напряжений выполняли по методике И. А. Биргера. Для определения остаточных напряжений на ЭВМ БЭСМ-6 применяли специальную программу.

Распределение окружных остаточных напряжений в кольцевом сварном шве показано на рис. 1. Установлено, что растягивающие окружные напряжения в исходном после сварки состоянии незначительны и как в металле шва, так и в прилегающих к нему зонах не превышают 50–60 МПа. Значительные (более 250 МПа) сжимающие напряжения наблюдаются на наружной и внутренней поверхностях сварного соединения. Из полученных результатов следует, что окружные напряжения не могут быть причиной образования поперечных трещин. Последнее соображение подтверждается практикой ремонтной сварки на энергетических объектах. Для исследования осевых остаточных напряжений из патрубка вырезали бруски размерами 190×47×25 мм.

Суть методики заключалась в послойном срезании металла шириной 8 мм. Толщина первого слоя составляла 1 мм, а последующих — по 2 мм. Деформации бруска после снятия каждого слоя определяли с помощью малогабаритных фольговых тензодатчиков и измеряли с помощью цифрового тензометрического моста ЦТМ-3.

Как следует из рассмотрения результатов, представленных на рис. 2 и 3, максимальные значения растягивающих осевых остаточных напряжений имеют место на расстоянии 15–17 мм от поверхности шва и достигают 240 МПа. На поверхности

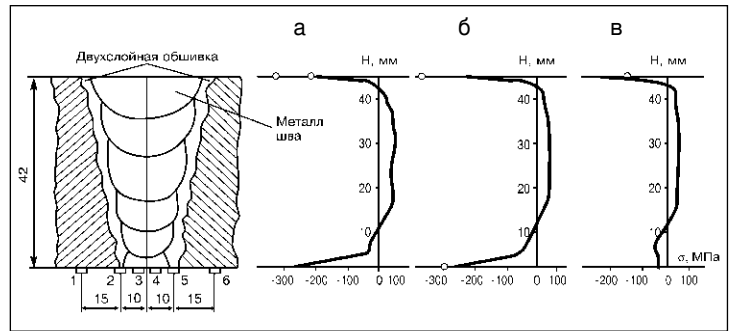


Рис. 1. Распределение окружных остаточных напряжений в сварном соединении литого патрубка из стали 15Х1М1ФЛ после сварки без термообработки: а — металл шва; б — зона термического влияния; в — основной металл

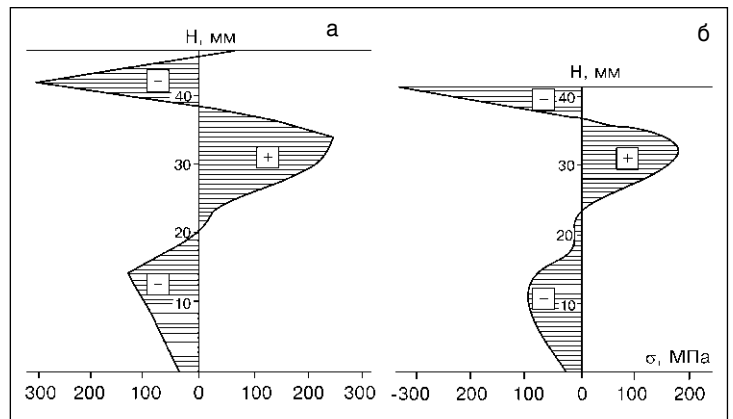


Рис. 2. Распределение осевых остаточных напряжений в сварном шве литого патрубка из стали 15Х1М1ФЛ: а — после сварки; б — после снятия поверхностного слоя толщиной 5 мм

сварного шва осевые остаточные напряжения не превышают 100 МПа.

В зоне, прилегающей к сварному шву, характер распределения осевых остаточных напряжений аналогичен характеру распределения напряжений в металле шва. Однако уровень напряжений в этой зоне несколько ниже, чем в наплавленном металле. Так, растягивающие напряжения на глубине 13–17 мм от поверхности не превышают 170 МПа, а на наружной и внутренней поверхностях сжимающие напряжения достигают 140 МПа.

Высокий уровень остаточных напряжений в ремонтных заварках требует применения специальных способов их снижения. Наиболее эффективным является после-сварочная термообработка. Однако ее применение на крупногабаритных корпусных деталях турбин практически исключено.

В ОАО «ВТИ» было предложено усовершенствовать технологию ремонтной сварки. По окончании сварки с поверхности металла удаляли часть наплавленного металла. Это должно было благоприятно сказаться на перераспределении остаточ-

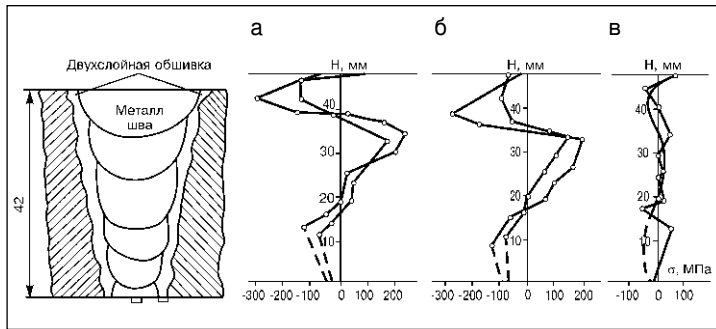


Рис. 3. Распределение осевых остаточных напряжений в сварном соединении литого патрубка из стали 15Х1М1ФЛ: а — после сварки; б — после 100 ч старения при 540 °С; в — после 870 ч старения при 540 °С



Рис. 4. Распределение осевых остаточных напряжений в наплавленном металле сварного соединения после ультразвуковой проковки

ных напряжений. В корпусных деталях, где фактически толщина стенки допускает ее локальное утончение на 10–20%, такой способ снижения остаточных напряжений наиболее возможен.

Как показали исследования (см. рис. 2), снятие поверхностного слоя наплавленного металла на глубину 5 мм уменьшает растягивающие сварочные напряжения примерно на 20%, а на поверхности заварки создает сжимающие напряжения, превышающие 300 МПа, предотвращая возникновение повреждений на поверхности детали в процессе частых пусков–остановок энергоустановок. Благоприятное распределение напряжений в нижней половине сварного шва позволяет исключить образование трещин в наиболее труднодоступной для контроля зоне.

Особый интерес представляет кинематика изменения остаточных напряжений в процессе эксплуатации восстановленных сваркой деталей. С этой целью были выполнены исследования остаточных сварочных напряжений после термического старения при температуре 540 °С в течение 100 и 870 ч (см. рис. 3). Обнаружено, что в

металле шва уже после 100 ч старения уровень остаточных напряжений снижается примерно в 2–3 раза. В зоне термического влияния, напротив, уровень остаточных напряжений повышается и достигает 270 МПа.

Это объясняется тем, что в процессе старения, с одной стороны, происходит разупрочнение металла шва, а с другой — наблюдается дисперсионное упрочнение зоны термического влияния. Однако уже после 870 ч старения при температуре 540 °С происходит практически полная релаксация остаточных сварочных напряжений.

Анализ полученных результатов показывает, что опасность возникновения разрушений в результате неблагоприятного сочетания рабочих и остаточных напряжений существует только в первые 1,5–2 мес. эксплуатации, а потенциально опасным участком в процессе эксплуатации является зона термического влияния. При этом вероятность появления трещин на поверхности детали ниже, чем под поверхностью. Это указывает на необходимость развития неразрушающих методов контроля, позволяющих эффективно выявлять в литых корпусных деталях дефекты по всей толщине сварного соединения.

Другим эффективным путем снижения остаточных напряжений является послойная ультразвуковая проковка (УЗП) металла шва. Существо метода заключается в том, что в качестве инструмента для УЗП использовали ультразвуковой генератор УЗГ–1–2/27–1,6 с выходной мощностью 1000 Вт и рабочей частотой 21–27 кГц. Ударный инструмент был выполнен в виде трех цилиндров диаметром 3 мм со сферической контактной поверхностью. Ультразвуковую проковку производили послойно по технологии, аналогичной механической проковке. Исследования распределения остаточных напряжений в сварных стыках после УЗП выполняли на погонах размером 30×30×190 мм (рис. 4).

Установлено, что после УЗП сварных стыков уровень остаточных напряжений снижается в четыре раза. Осевые остаточные напряжения после УЗП металла шва снижаются до 60 МПа. При этом ультразвуковая проковка сварных соединений не только эффективно снижает остаточные напряжения, но и изменяет характер эпюры напряжений, приближая ее к эпюре напряжений в сварных соединениях после термической обработки.



Обеспечение точности изготовления сварных конструкций*

Г. И. Лащенко, канд. техн. наук, ОАО «УкрИСП»

Базовыми технологиями изготовления деталей для сварных конструкций являются механическая, термическая и термомеханическая резка (рис. 1).

Механическая резка. Механические способы резки используют при роспуске листов, вырезке деталей из листового и сортового проката, пазов, окон и др.

Резку деталей с прямолинейными кромками из листов толщиной до 40 мм, как правило, производят на ножницах с наклонным ножом (гильотинных).

При резке на гильотинных ножницах металл подвергается значительной пластической деформации. Если кромка реза в дальнейшем попадает в зону сварки и полностью переплавляется, то дополнительной ее обработки не требуется. Если же кромка остается свободной, а конструкция работает при переменных нагрузках, то слой пластически деформированного металла нужно удалить последующей механической обработкой.

Существенным недостатком этого способа резки является возникновение в плоскости реза сколов и затяжек металла. На рис. 2 показано влияние настройки ножей на характер дефектов реза.

Одним из параметров резки является угол наклона ножа. В зависимости от толщины разрезаемого металла он колеблется от 0,5 до 4–5°. Для металла малых толщин требуется минимальный угол наклона ножа, в противном случае вырезаемая деталь будет иметь большое коробление.

В табл. 1 приведена техническая характеристика гильотинных ножниц, выпускаемых предприятиями Украины. Приведенные значения толщины листов относятся к стали с пределом прочности до 500 МПа.

Дисковые ножницы позволяют вырезать листовые детали толщиной до 20–25 мм с прямолинейными кромками. Для получения листовой заготовки заданной ширины с параллельными кромками дисковые ножи целесообразно располагать попарно на заданном расстоянии друг от друга.

Для резки листового и сортового проката применяют пресс-ножницы, в кото-

рых ножи расположены параллельно. Скалывание происходит одновременно по всей длине реза, совпадающей с длиной ножей. Усилие P_p , необходимое для резки на пресс-ножницах любого профиля (полосы, листовой или угловой стали), определяют по формуле

$$P_p = \sigma_{cp} F,$$

где F — площадь сечения разрезаемого профиля, мм²; σ_{cp} — временное сопротивление металла срезу, МПа.

* Продолжение.
Начало см. «Сварщик», 2003. — №1. — С. 16–18, №2. — С. 18–19

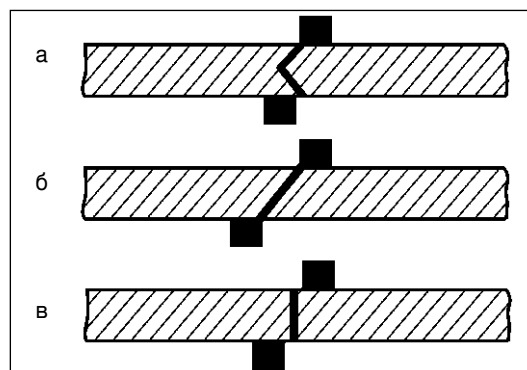


Рис. 2. Зависимость качества реза от настройки ножей: а — малый зазор; б — большой; в — нормальный

Таблица 1. Техническая характеристика гильотинных ножниц

Модель	Наибольшая толщина разрезаемого листа, мм	Наибольшая ширина разрезаемого листа, мм	Мощность главного привода, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Завод-изготовитель
НКЧ 6020 (6×2000)	6	2000	8,5	2950×1400×1450	3450	ЗАО «Черниговский механический завод»
НКЧ 6020 (6×2500)	6	2500	8,5	3400×1400×1450	3650	
Н-478	16	2200	30	3150×2275×2350	10 000	
НД 3312Б	1,6	1000	1,3	1500×1470×1110	740	ОАО «Стрийский завод кузнечно-прессового оборудования»
НД 3314 Г	2,5	1600	3,2	2300×1570×1470	2000	
НД 3316 Г	4,0	2000	5,6	2760×1630×1520	3200	
НК 3416	4,0	2000	5,6	2610×1600×1510	2870	
НК 3418Р	6,3	2000	8,5	2780×1625×1620	4230	
НК 3418	6,3	2000	8,5	2780×1600×1620	4250	
Н 3418А	6,3	3150	11,3	4000×1900×1700	6200	

Для деталей, вырезанных из листа с помощью ножниц с наклонным ножом (гильотинных) и пресс-ножниц, рекомендуются допуски, приведенные в *табл. 2*.

Допускаемые отклонения размеров деталей из фасонного проката при резке на пресс-ножницах приведены в *табл. 3*.

Неперпендикулярность плоскости реза при резке на ножницах с наклонным ножом не должна превышать 0,08 толщины листа, а при резке на пресс-ножницах — 0,1.

Детали, изготовленные с допусками, приведенными в *табл. 2* и *3*, обеспечивают получение сварных конструкций нормальной, а в некоторых случаях и повышенной точности. Детали, к точности которых предъявляют более высокие требования, чем может обеспечить резка на ножницах, необходимо подвергать механической обработке — строганию и фрезерованию (кромки). Эти способы механической обработки резанием позволяют при размере деталей до 1500 мм получить отклонение до 0,5 мм, а при размере до 9000 мм — не более 2 мм.

Повышение точности изготовления деталей можно получить, используя процесс вырубki в штампах. При номинальных размерах деталей 1000–4000 мм вырубка в штампах дает погрешность в пределах ($\pm 1,0$ –2,5 мм). Дальнейшее повышение точности деталей достигается применением чистовой вырубki.

Сущность чистовой вырубki (пробивки) состоит в том, что разделение штампуемого материала осуществляют при его объемном сжатии в зоне разделения. Указанное состояние получают за счет двух факторов: зажима всех элементов разделяемого металла (исходной заготовки, отхода и штампуемой детали) высокими удельными усилиями; внедрения в заготовку (отход) по эквидистантной линии разделения (контуру вырубki или пробивки) на зна-

чительное расстояние от нее клиновидного ребра. Первое обеспечивают с помощью специализированных прессов тройного действия (или соответствующим образом модернизированных прессов общего назначения), второе — конструкцией штампа.

Чистовую вырубку применяют для штамповки деталей из конструкционных и легированных сталей, латуни, бронзы, а также алюминия и алюминиевых сплавов с пределом прочности при растяжении не более 300 МПа.

Шероховатость поверхности среза $Ra=0,4...1,6$ мкм, отклонение поверхности среза от перпендикулярности к плоскости штампуемого материала в пределах 0,001–0,004 мм на 1 мм толщины, отклонение от плоскости детали 0,01–0,02 мм на 100 мм длины.

Точную вырубку, для которой характерен абсолютно ровный рез по всей толщине материала, в настоящее время широко и успешно применяют при металлообработке. Совмещение этого способа с прецизионными способами сварки (например, лазерной) позволяет получать готовые детали (узлы) без последующей обработки.

В заготовительном производстве распространена резка пилами (ножовочными, дисковыми, ленточными). В развитых промышленных странах более 90% всего отрезного оборудования приходится на долю ленточнопильных станков, которые обеспечивают высокую производительность и качество резки. Сейчас в Украине в той или иной степени представлены около двадцати производителей ленточнопильных станков и ленточных пил. Признанными лидерами в производстве отрезного оборудования являются станкостроители Италии, Германии и Испании, такие фирмы, как «Danobat», «Behrtger», «Kasto», «FMB», «Amada».

Таблица 2. Допуски на размеры листовых деталей, вырезанных ножницами, мм

Номинальный размер детали, мм	Толщина металла, мм							
	До 2	2-5	6-8	9-12	13-16	17-20	21-26	28-32
<i>При резке на ножницах с наклонным ножом (гильотинных)</i>								
До 250	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,5	3
От 250 до 650	1	1,3	1,5	1,8	2	2,5	3	3,5
От 650 до 1000	1,3	1,5	1,8	2	2,5	3	3,2	3,7
От 1000 до 1500	1,5	1,8	2,0	2,2	3	3,2	3,5	4
От 1500 до 2500	2	2,2	2,5	2,2	3,2	3,5	4	4,5
От 2500 до 4000	2,5	2,8	3	3,5	3,7	4	4,5	5
<i>При резке на пресс-ножницах</i>								
До 250	1	1,2	1,5	1,8	2	—	—	—
От 250 до 650	1	1,5	1,8	2	2,2	—	—	—
От 650 до 1000	1,5	1,8	2	2,5	2,8	—	—	—
От 1500 до 2500	2,2	2,5	2,8	3,2	3,2	—	—	—
От 2500 до 4000	2,8	3	3,5	—	—	—	—	—

Для заготовительных цехов, связанных с производством сварных конструкций, могут быть рекомендованы ленточнопильные станки консольного типа. Их изготавливают для работы в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах. Станки подобного класса используют также на небольших производствах для резки сплошного и профильного проката, труб.

Одним из главных показателей экономичности ленточнопильных станков является ширина пропила, которая составляет 1–1,5 мм при неперпендикулярности торца не более 1°. Шероховатость поверхности на торцах не превышает $Rz = 40...80$. Уменьшение расхода металла в стружку и на припуски позволяет экономить, например, при разрезании 1000 заготовок диаметром 200 мм до 1,5 т металла по сравнению с резкой дисковыми пилами.

Резка ленточными пилами может быть рекомендована для получения деталей сварных конструкций высокой и повышенной точности. Одним из способов механической резки является резание высоконапорной струей жидкости (гидрорезка и гидроабразивная резка). Сущность этого способа заключается в том, что струя жидкости, нагнетаемой насосом, вытекая из сопла, создает на обрабатываемой поверхности соответствующее давление P_c , определяемое по формуле $P_c = P_n + P_{гд}$, где $P_n = 0,5\rho v_c^2$ — давление, нагнетаемое насосом и действующее в тылу струи; ρ — плотность рабочей жидкости; v_c — скорость рабочей жидкости, вытекающей из сопла; $P_{гд} = \rho Q_c v_c$ — гидродинамическое давление струи, натекающей на преграду; Q_c — расход рабочей жидкости через соп-

Таблица 3. Допускаемые отклонения размеров деталей и фасонного проката при резке на пресс-ножницах

Номинальный размер детали, мм	Предельное отклонение, мм
До 50	1,0
От 50 до 250	1,5
От 250 до 1500	2,0
От 1500 до 3000	2,5
От 3000	3,0

ло. Для того, чтобы струя жидкости резала металл, величина P_c должна превышать предел его прочности.

Для разрезания водяной струей металлов необходимо давление $P_n = 350...550$ МПа при $v_c = 835...1050$ м/с. При таких параметрах процесс резки протекает с очень малой производительностью. Введение в водяную струю мелкозернистого абразива на основе граната и кремния (гидроабразивная резка) позволяет резать металлы при давлении до 300 МПа, скорости жидкости до 775 м/с с заметным повышением скорости резки. КПД процесса резки высоконапорной струей жидкости не превышает 0,4. По производительности гидроабразивная резка сопоставима с электроэрозионной обработкой и значительно уступает лазерной и плазменной резке металлов одинаковой толщины.

Современное оборудование для гидроабразивной резки позволяет разрезать инструментальные стали толщиной до 100 мм, алюминий, мрамор и стекло — до 120 мм, титан — до 100 мм, пенопласт — до 150 мм.

К достоинствам гидроабразивной резки обычно относят возможность резки прочных конструкционных материалов, малую ширину реза, высокое качество поверхности, отсутствие термического воздействия

на обрабатываемый материал и высокую экологическую чистоту. Стоимость современных установок гидроабразивной резки 99–125 тыс. евро.

В настоящее время в мировой практике производства сварных конструкций гидроабразивную резку используют весьма ограниченно.

Термическая резка. Среди способов термической резки в настоящее время наиболее распространены кислородная, кислородно-флюсовая, плазменная и газолазерная.

Разделительную кислородную резку осуществляют вручную, на переносных и стационарных машинах. Вырезку листовых деталей с криволинейными кромками производят, как правило, на стационарных машинах, а вырезку деталей с прямыми кромками и с кромками, имеющими небольшую кривизну, выполняют в основном на переносных машинах.

Наиболее широко применяют кислородную резку, при которой для подогревающего пламени используют смеси газов (ацетилен, природные газы, пропан-бутан и др.) с кислородом. Однако в ряде случаев используют также кислородную резку, при которой подогревающее пламя образу-

ется за счет сгорания бензина, керосина или газойля. Для жидкого горючего необходимо применение горелок специальной конструкции с дополнительным пламенем.

Кислородную резку обычно используют для разделения малоуглеродистой и низколегированной сталей с содержанием углерода не более 0,25% толщиной от 4 до 1000 мм и титановых сплавов толщиной от 4 до 100 мм.

При толщине разрезаемого металла до 300 мм применяют обычные универсальные резаки. При резке стали толщиной более 300 мм — специальные резаки, имеющие мундштуки с увеличенным (по сравнению с универсальными) проходным сечением для режущего кислорода.

Наиболее целесообразно и экономически оправдано применение при машинной кислородной резке кислорода чистотой не менее 99,2%. При чистоте кислорода 99,7–99,9% осуществляют безграбовую кислородную резку. Предельное значение скорости кислородной резки ограничено скоростью окисления металла в кислороде, которая для железа не превышает 15–17 мм/с. Поэтому задачу повышения производительности кислородной резки решают путем использования многорезаковых машин, рациональной организации рабочих мест, механизации подачи листа, разборки заготовок и др.

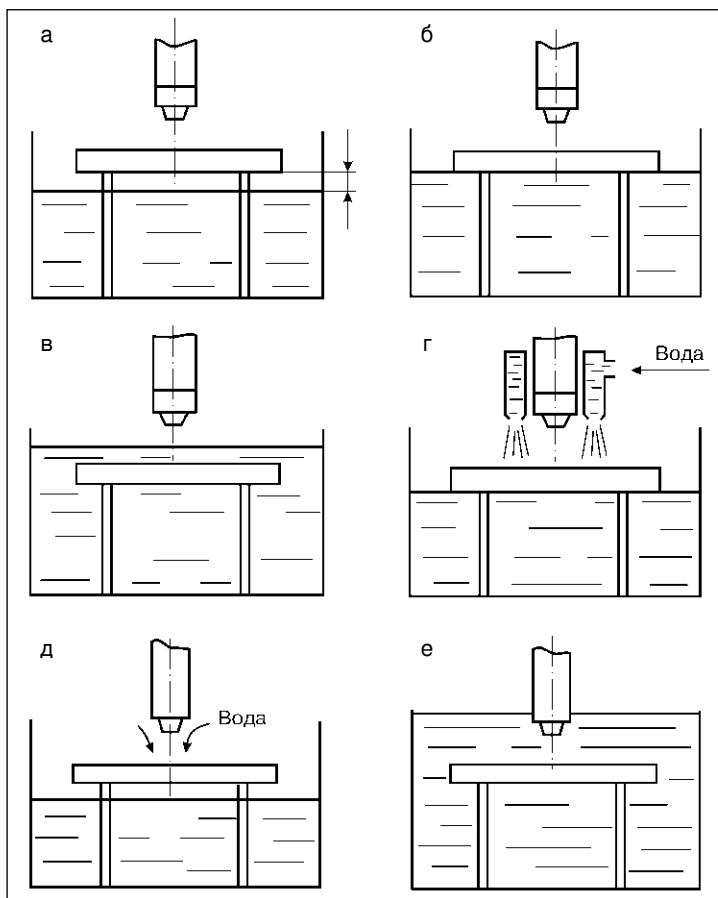
Для обработки металлов толщиной 4–1000 мм, не поддающихся обычной кислородной резке (высоколегированные хромоникелевые и хромистые стали, чугун, медь, латунь, бронзы), используют кислородно-флюсовую резку. При этом в зону реза дуют порошокобразный флюс, как правило, на основе железного порошка, который выделяет при сгорании дополнительное количество теплоты, снижает концентрацию легирующих элементов в металле и разжижает шлак. Образующиеся при сгорании железного порошка окислы обеспечивают флюсование шлака.

Комплект оборудования для ручной кислородно-флюсовой резки высоколегированных сталей и чугуна толщиной до 200 мм, цветных металлов и сплавов толщиной до 100 мм выпускает завод автогенного оборудования «Донмет» (Краматорск).

Плазменная резка обладает большей универсальностью по сравнению с кислородной и кислородно-флюсовой.

Современное оборудование для плазменно-дуговой резки позволяет эффективно резать конструкционные стали всех марок, коррозионно-стойкие стали, алюминий, медь,

Рис. 3. Схемы способов плазменной резки с водяной защитой



латунь толщиной от 1 до 200 мм. При обработке этих материалов плазменная резка в упомянутом диапазоне толщин превосходит по скорости кислородно-флюсовую резку.

В последние годы широко применяют плазменную резку с водяной защитой (рис. 3). Резку осуществляют с воздушным зазором между разрезаемым листом и поверхностью воды (рис. 3, а), с касанием листа водной поверхности (рис. 3, б), с погружением листа в воду (рис. 3, в), с дополнительной водяной завесой вокруг плазмотрона (рис. 3, г) и плазменной дуги (рис. 3, д), с погружением листа и плазмотрона в воду (рис. 3, е). В этих условиях вода существенно улучшает санитарно-гигиенические характеристики процесса, обеспечивает повышение качества кромок вырезаемых деталей, способствует снижению тепловых деформаций деталей.

Благодаря увеличению степени обжаривания дуги («плотная» плазма) и применению в качестве плазмообразующего газа кислорода по производительности и качеству реза плазменная резка сопоставима с лазерной.

Лазерная резка является одним из наиболее динамично развивающихся технологических процессов. Для повышения эффективности резки в зону обработки совместно с лазерным лучом подают струю газа, которая способствует удалению продуктов из зоны разрушения, а в некоторых случаях и инициирует химическую реакцию в месте воздействия излучения на металла (газолазерная резка). В первом случае используют инертные или нейтральные газы (аргон, азот, углекислый газ), во втором — кислород и воздух.

Кислород при лазерной резке выполняет следующие функции: способствует росту оксидной пленки на поверхности металла и вследствие этого снижению его отражательной способности; теплота, выделяющаяся в результате экзотермической реакции горения, совместно с лазерным излучением идет на дальнейшее разрушение металла в зоне обработки; струя уносит продукты разрушения и обеспечивает приток кислорода непосредственно к фронту горения, а также препятствует чрезмерному нагреванию разрезаемых деталей.

В настоящее время для газолазерной резки используют твердотельные лазеры мощностью до 1,2 кВт, позволяющие резать металл толщиной до 10 мм, и CO₂-лазеры мощностью до 5 кВт, позволяющие разрезать металл толщиной до 20 мм.

К достоинствам лазерной резки относят чрезвычайно малую ширину реза, исчисляемую долями миллиметра при резке металла толщиной до 10 мм, узкую зону термического влияния (0,1–0,2 мм), возможность последующей сварки без зачистки кромок.

Решение о целесообразности применения того или иного способа резки принимают с учетом ряда факторов: размера деталей, толщины листа, требований к качеству реза, количества деталей и коэффициента загрузки оборудования.

Основными факторами, определяющими точность вырезки деталей и качество реза при термической резке, являются состояние исходного (разрезаемого) металла (чистота поверхности, химический состав, наличие расслоений, качество правки, размеры исходного листа); качество изготовления копир-чертежей и подготовки числовых программ; конструктивные особенности и состояние машины для термической резки (прямолинейность направляющих путей, погрешность изготовления зубчатых колес, опорных катков, люфты в передачах, статические и динамические ошибки в системе управления); конструкция раскроечного стола для термической резки, форма и размеры детали (толщина, габаритные размеры, отношение длины к ширине, наличие или отсутствие вырезов, разделки кромок); технология вырезки деталей, определяющая тепловые деформации (способ и режим резки, последовательность резки, род горючего и плазмообразующего газа) и качество поверхности реза, которое характеризуется перпендикулярностью кромок, шероховатостью, размерами и свойствами зоны термического влияния.

С целью повышения точности необходимо назначать такие способы и режим резки деталей, которые обеспечивали бы минимальное тепловложение в вырезаемую деталь. Точность и качество механизированной кислородной и плазменно-дуговой резки регламентированы ГОСТ 14792.

Современные машины с программным управлением позволяют вырезать плазменной и кислородной резкой детали, соответствующие первому и второму классу точности по ГОСТ 14792. Хотя этот ГОСТ не распространяется на газолазерную резку, суммарная оценка процесса газолазерной резки непрерывным излучением по установленным в нем требованиям показывает, что точность и качество выполняемых резов при обработке на оптимальных режимах соответствует первому классу.

(Окончание
на стр. 30)

Выбор оборудования и способы резки металлов*

М. М. Лилько, главный конструктор АО «Эффект» (Одесса)

При кислородной резке высоколегированных хромистых и хромистоникелевых нержавеющей сталей на поверхности реза образуется пленка тугоплавких окислов хрома, имеющих температуру плавления около 2000°C и препятствующих дальнейшему окислению металла в месте реза. Поэтому возникает потребность перехода на плазменную резку.

* Продолжение.
Начало см.
Сварщик. —
№2. — 2003.

Согласно ГОСТ 12221, аппаратура для ручной плазменно-дуговой резки типа «Пл Р» обеспечивает резку нержавеющей стали толщиной до 20 мм при принудительном воздушном охлаждении и до 30 мм — при принудительном водяном охлаждении. Напряжение холостого хода источника питания должно быть 180 В, сила тока соответственно 200 и 315 А. При ручной резке за этот предел выходить нельзя по условиям техники безопасности. Практически всю ручную аппаратуру, имеющуюся на рынке Украины, выпускают с воздушным охлаждением, т. е. для резки металла толщиной не более 20 мм.

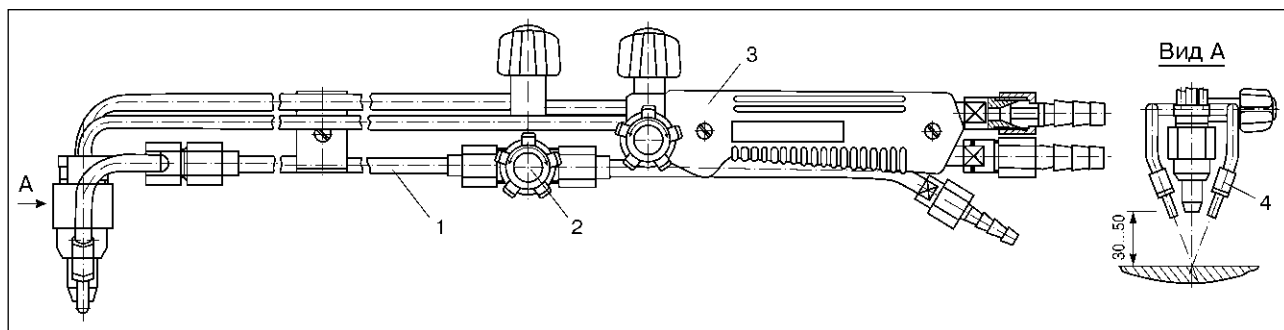
При полуавтоматической резке аппаратура типа «Пл П» обеспечивает резку нержавеющей сталей толщиной до 30 мм при принудительном воздушном охлаждении и до 50 мм — при водяном. Напряжение холостого хода источника питания 300 В, сила тока соответственно 200 и 315 А. На этих режимах работает вся аппаратура для воздушной плазменно-дуговой резки с циркониевыми катодами. При увеличении силы тока более 300 А и при напряжении холостого хода источника питания более 300 В начинается быстрое разрушение циркониевых катодов.

При автоматической резке аппаратура типа «Пл А», работающая на гафниевых катодах, обеспечивает резку металла толщиной 100 мм при напряжении холостого хода источника питания 500 В и силе тока 400 А. Фактически на машинах типа «Комета-Пл» с использованием источника питания АПР-402 удавалось устойчиво резать нержавеющей стали толщиной до 120 мм. Это верхний предел стойкости гафния. Однако, если учесть, что указанная аппаратура очень дорогая и уже давно практически не выпускается, то толщина металла 50 мм является тем верхним пределом, который можно устойчиво резать существующим оборудованием. Из изложенного видно, что для ручной резки нержавеющей сталей толщиной более 20 мм и механизированной — более 50 мм вынуждены применять другой способ — кислородно-флюсовую резку.

Суть процесса кислородно-флюсовой резки состоит в том, что в струю режущего кислорода подают железный порошок. Сгорая в струе кислорода, железный порошок выделяет дополнительную теплоту, которая повышает температуру в месте реза. Вследствие этого тугоплавкие окислы остаются в жидком состоянии и, будучи разбавленными продуктами сгорания железа, дают жидкотекучие шлаки. Резка протекает с нормальной скоростью, а поверхность реза получается чистой. При кислородно-флюсовой резке мощность подогревающего пламени должна быть больше в 1,7–2 раза, а номер сопла на один номер больше по сравнению с соплом

Таблица. Режимы кислородно-флюсовой резки

Толщина стали, мм	Скорость прямолинейной резки, мм/мин	Расход газов, м ³ /ч		Расход флюса, кг/ч	Давление кислорода, МПа, (кгс/см ²)	Давление газа для подачи флюса МПа, (кгс/см ²)	Номер сопла	Камера смешения	Гильза
		кислорода	ацетилен						
10	760	4–5	0,6–0,7	6–9	0,6–0,7 (6–7)	0,01–0,05 (0,1–0,5)	№ 2	№1Б (№1М)	№3П
20	560	6–7	0,7–0,8	6–9	0,6–0,7 (6–7)	0,01–0,05 (0,1–0,5)	№ 3У	№1БУ (№1МУ)	№5П
40	400	10–11	0,8–0,9	6–9	0,6–0,7 (6–7)	0,01–0,05 (0,1–0,5)	№ 4У	№1БУ (№1МУ)	№5П
60	330	14–15	0,9–1,0	6–9	0,8–0,9 (8–9)	0,01–0,05 (0,1–0,5)	№ 5У	№1БУ (№1МУ)	№5П
100	270	21–24	1,0–1,1	6–9	0,8–0,9 (8–9)	0,01–0,05 (0,1–0,5)	№ 6У	№1БУ (№1МУ)	№6П
200	230	35–38	1,7–1,8	12–18	0,9–1,0 (9–10)	0,01–0,05 (0,1–0,5)	№ 6У	№1БУ (№1МУ)	№6П



при резке без флюса. Это обусловлено затратой дополнительной теплоты на плавление флюса и добавочной энергией режущей струи на удаление большого количества шлаков из зоны реза. В остальном техника кислородно-флюсовой резки такая же, как и при газокислородной резке углеродистой стали. Режимы резки приведены в таблице (получены при использовании кислорода сорт 1 по ГОСТ 5538-78, чистота 99,7-99,8%).

В качестве аппаратуры может быть использован серийный ручной резак «Эффект-Р» длиной 600 мм либо любой машинный резак «Эффект-М» («Эффект-МИ») с установкой дополнительной флюсоподающей трубки (рис. 1, 2).

На сегодняшний день известны три способа подачи флюса в зону резки.

1. *Подача флюса при помощи режущего кислорода.* Исследования, проведенные во ВНИИавтогенмаше в 1960-х годах, показали, что этот способ имеет ряд недостатков:

- сложно отрегулировать режим работы;
- невозможно отрегулировать расход флюса;
- низкое качество резки;
- быстрое изнашивание канала сопла железным порошком.

2. *Внешняя подача флюса.* Флюс подается по внешним трубкам и через отдельно установленные сопла сыплется на горячий металл в зоне резки, прилипает к нему и сгорает в струе кислорода. Флюс можно подавать при помощи как кислорода, так и воздуха. Опыт эксплуатации установок типа УРХС-4 и УРХС-5 показал, что при использовании железного порошка марок ПЖ0-ПЖ3 применение кислорода недопустимо, а марки ПЖ4 — возможно, но нежелательно. По линии кислородно-флюсовой смеси часто распространяется обратный удар, так как кислородно-флюсовая смесь по своим физическим свойствам похожа на смесь кислорода с горючим газом. При использовании воздуха

он должен быть осушен, так как наличие влаги в воздухе приводит к окомкованию флюса и забиванию каналов. Оптимальным вариантом является использование азота либо инертных газов.

3. *Использование пропан-бутана (горючего газа) для подачи флюса.* Газофлюсовая смесь проходит через каналы горючего газа и сгорает в среде подогревающего кислорода. Данных по эксплуатации указанной аппаратуры нет, однако можно сделать следующие предварительные выводы:

- пропан-бутан содержит капельки жидкой фракции, смесь которых с флюсом может создать непробиваемые пробки;
- при прохождении газофлюсовой смеси через малые каналы мундштуков (диаметр 0,6-0,8 мм) возможно засорение последних;
- невозможно отрегулировать расход флюса;
- невозможно отрегулировать расход горючего газа;
- отсутствуют инструктивные материалы по технике безопасности, определяющие способы защиты емкости, заполненной газофлюсовой смесью, а также правила работы с такими смесями.

Учитывая все вышеизложенное, АО «Эффект» принял при разработке аппаратуры схему внешней подачи флюса с помощью азота (инертного газа). Все управление процессом осуществляют по принципу «до себя», то есть вся управляющая и регулирующая аппаратура установлена до линии азото-флюсовой смеси. На линии азото-флюсовой смеси нет редукторов, клапанов, вентилях, перегибов, ровная и по возможности гладкая магистраль.

Флюс перед засыпкой во флюсопитатель необходимо прокалить для удаления влаги и просеять через сито «016» по ГОСТ 6613.

Азото-флюсовую смесь подают из флюсопитателя (рис. 3), который можно изготавливать в трех вариантах: для ручной

Рис. 1. Ручной резак для кислородно-флюсовой резки:

- 1 — трубка для подачи флюса;
- 2 — вентиль для флюса;
- 3 — резак «Эффект-Р»;
- 4 — сопла для флюса

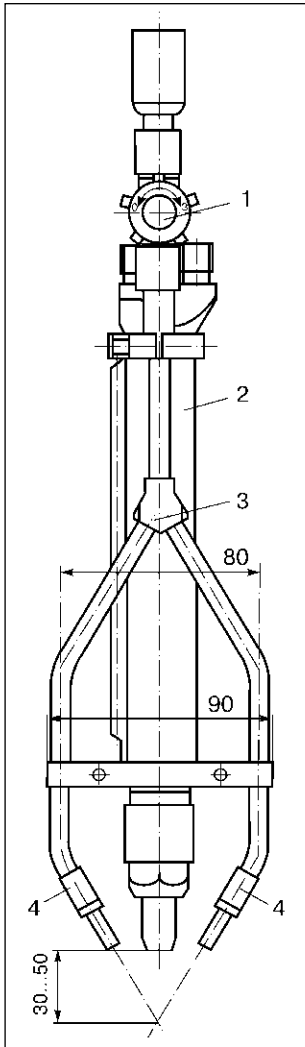


Рис. 2. Установка машинного резака: 1 — вентиль для флюса; 2 — резак «Эффект-М»; 3 — трубка подачи флюса; 4 — сопла для флюса

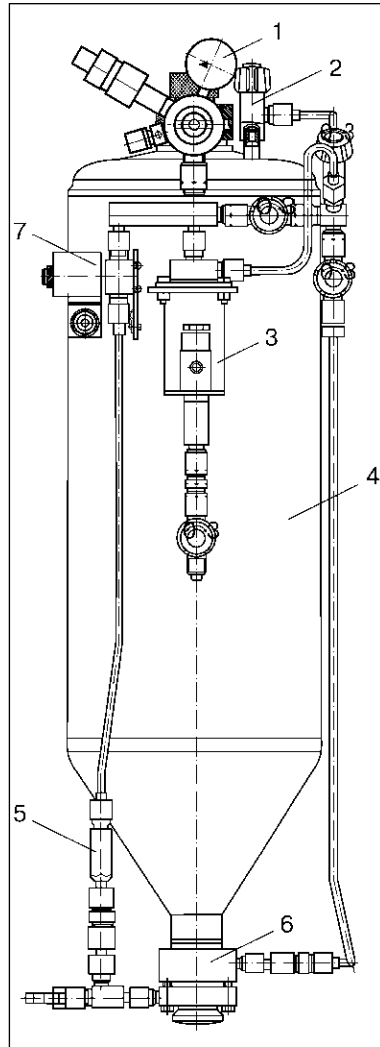


Рис. 3. Флюсопитатель: 1 — редуктор; 2 — вентиль для сброса давления; 3 — пневмораспределитель; 4 — бачок для флюса; 5 — обратный клапан; 6 — циклон; 7 — электромагнитный клапан

резки; для автоматизированной резки и универсальный — для ручной и автоматизированной резки.

Теперь достаточно на любой машинный резак установить флюсоподающую трубку, подсоединить флюсопитатель и производить резку нержавеющей стали на существующей газорезущей машине. При работе на машинах типа «Смена», «Радуга», АСШ-70 это ручное управление, на машинах с ЧПУ — автоматическое, для чего на соответствующем флюсопитателе есть необходимые электромагнитные клапаны, которые отрегулированы в соответствии с программой машины. При необходимости к универсальному флюсопитателю подключают ручной резак. Аппаратура АО «Эффект» позволяет выполнять резку нержавеющей стали толщиной до 300 мм. При

кислородно-флюсовой резке металла толщиной 50 мм расходуется 10 м³/ч кислорода и 6–7 м³/ч азота на транспортировку флюса. На их производство затрачивают 21 кВт/ч электроэнергии. Расход 1,2 м³/ч ацетилена эквивалентен 16,5 кВт/ч. Таким образом, общий расход энергии эквивалентен 38 кВт/ч. Этого количества электроэнергии достаточно для резки плазмой металла толщиной 40–45 мм. Расход сопел и катодов при плазменной резке составляет 1 комплект в смену при стоимости комплекта 4 долл. США. Кроме того, расходуется 10 м³/ч воздуха и 2–3 м³/ч воды. Расход флюса составляет 15% от количества сгоревшего (выплавленного) металла.

Количество продуктов сгорания, которые необходимо удалять при кислородно-флюсовой резке, примерно в три раза больше, чем при кислородной, и сравнимо с количеством газов, удаляемых при плазменной резке металла аналогичной толщины.

Эффективность однорезаковой механизированной плазменной резки и эффективность кислородно-флюсовой резки нержавеющей стали сравнимы при толщине разрезаемого металла 40–45 мм. Современная порталная газорезущая машина обеспечивает резку до 10 000 т металла в год. Для ее полной загрузки целесообразно устанавливать на машине один плазменный и два-три кислородных резака с оснасткой для кислородно-флюсовой резки. При такой комплектации машина обеспечивает экономичную резку черных металлов толщиной до 300 мм, нержавеющей стали толщиной до 200 мм, алюминиевых сплавов толщиной до 70 мм и меди толщиной до 50 мм.

Качество деталей и заготовок, вырезаемых кислородной и плазменно-дуговой резкой, регламентирует ГОСТ 14792. Действие его распространяется на детали и заготовки, вырезаемые механизированной кислородной резкой из листовой углеродистой стали толщиной 5–100 мм и механизированной плазменно-дуговой резкой из листовой углеродистой стали и стали толщиной 5–60 мм.

Если предельные отклонения деталей от номинальных размеров зависят только от точности машины и учета ширины реза, то наибольшее отклонение поверхности реза от перпендикулярности при плазменной резке примерно в 1,7–2 раза больше, чем при кислородной, а шероховатость поверхности для заготовок 2 и 3-го классов точности хуже соответственно на 25%. ● #336



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. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Посоветуйте, пожалуйста, каким способом заварить на стенках гальванической ванны трещины в защитном слое из свинца толщиной до 6 мм?

В. Н. Ефремов (Красноярск),
В. Г. Наконечников
(Усолье-Сибирск, Иркутская обл.)

Сварку свинца малых толщин (до 3 мм) можно выполнять неплавящимся электродом в среде аргона, короткой дугой, постоянным током прямой полярности.

Для свинца и его сплавов толщиной от 0,8 до 30 мм и более можно эффективно применять газовую сварку. При этом следует использовать ацетилено-кислородное или водородно-кислородное пламя. Как правило, газовую сварку выполняют при облицовке гальванических ванн, сварке свинцовых трубопроводов небольших диаметров, наплавке свинца на черные металлы. Для ацетилено-кислородной сварки используют пламя нормального состава ($\beta = 1...1,2$). Мощность пламени (л/ч) $W = 100s$, где s — толщина свариваемого металла, мм. Процесс сварки необходимо осуществлять с максимально возможной скоростью, чтобы предотвратить вытекание свинца из стыка. При толщине металла более 2 мм сварку выполняют в несколько слоев «левым» способом с наклоном горелки 30–45° к изделию. В качестве флюса применяют стеарин или расплав стеарина с канифолью. Перед нанесением флюса на кромки свариваемые листы подогревают горелкой. Флюс химически не реагирует со свинцом, а только защищает металл от окисления. Вследствие высокой пластичности свинца практически не требуется мер по борьбе со сварочными напряжениями.

Дуговую сварку угольным электродом можно выполнять на переменном и постоянном токах. Однако лучшие результаты

Таблица. Режимы дуговой сварки свинца угольным электродом

Толщина, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Длина дуги, мм
1–5	6–12	25–40	4–6
5–10	10–15	40–65	6–8
10–12	15–20	65–95	8–12
15–30	15–20	95–100	8–12

получают на постоянном токе прямой полярности. При бесфлюсовой сварке на поверхности расплавленной ванны образуется пленка оксида свинца, которую необходимо механически удалить. Металл толщиной до 4 мм сваривают встык за один проход, при больших толщинах — за два или три прохода. Сварку за первый проход выполняют без присадочного металла за счет расплавления кромок. При втором проходе используют присадочный металл, увеличение размеров сварочной ванны достигают круговыми движениями электрода. Третий проход выполняют при сварке свинца значительных толщин. Рекомендуется пульсирующая дуга: наряду с перемещением электрода в горизонтальной плоскости ему передаются небольшие колебания в вертикальной плоскости. Предварительный подогрев не используют, в начале сварки подогревают первый участок стыка задержкой дуги. Сварку проводят без перерыва. При случайном обрыве дуги необходимо вначале зачистить участок вокруг кратера до металлического блеска и лишь после этого продолжить сварку. С целью сглаживания сварного шва допускается его обрубка и проковка.

Дуговую сварку свинца угольным электродом выполняют на малых сварочных токах (не выше 100 А), поскольку при более высоких токах и напряжении на дуге 10–12 В нарушается стабильность процесса. Рекомендуемые режимы дуговой сварки свинца угольным электродом приведены в *таблице*.

● #337



Ручная дуговая сварка покрытыми электродами строительных конструкций*

Ручная дуговая сварка покрытыми металлическими электродами является основным технологическим процессом, особенно в строительстве. Учитывая состояние и перспективы развития сварочного производства, ручная дуговая сварка на ближайшие 15–20 лет останется преобладающим процессом и будет составлять не менее 50–60% общего объема сварочных работ. Поэтому совершенствованию и повышению качества ручной дуговой сварки нужно уделять самое серьезное внимание, и это в первую очередь относится к сварочным электродам, как к одному из главных факторов, определяющих ее эффективность.

Основным видом сварных стальных конструкций в строительстве являются: каркасы административных, гражданских и производственных зданий (колонны, фермы, ригели, подкрановые балки, связи, прогоны), резервуары (вертикальные, цилиндрические, траншейные), сферические газольдеры, бункеры и силосы, газо-, воздухопроводы, башенно-мачтовые сооружения (радио- и телебашни, каркасы, опоры дымовых и вытяжных труб). Для металлоконструкций применяют главным образом горячекатаный фасонный (уголки, двутавры, швеллеры) и листовой прокат и гнутые профили из низкоуглеродистой и низколегированной сталей СтЗпс5, СтЗсп5, О9Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД, 16Г2АФ. В сборных железобетонных конструкциях используют в основном арматурную горячекатаную сталь периодического профиля СтЗпс, Ст5пс, 35ГС, 25Г2С. В большинстве эти стали хорошо свариваются, но некоторые требуют при сварке специальных технологических приемов.

Сварку строительных конструкций выполняют как при изготовлении самих конструкций (на заводах, в мастерских), так и при сооружении и монтаже из них строительных объектов на открытых площадках, в том числе в личном хозяйстве. Если на заводах-изготовителях конструкций сварку выполняют в основном механизированными способами (в углекислом газе, под флюсом), то на строительных и строительномонтажных площадках, в быту главным образом применяют ручную дуговую сварку покрытыми электродами. Это объясняется простотой, универсальностью, надежностью данного процесса, применительно к сего-

дняшним экономическим реалиям — дешевой ручной сварки. Учитывают также конструктивные особенности большинства строительных объектов (разбросанность сварных швов, в т. ч. небольшой протяженности, в пространстве, частое их расположение в труднодоступных для сварки местах и т. п.). Кроме того, на строительных и строительномонтажных площадках сварку производят при любых, даже неблагоприятных погодных условиях (пониженной температуре, атмосферных осадках, ветре), а также на высоте, на неудобных и тесных рабочих местах, в условиях, необходимых для выполнения швов в нижнем, вертикальном, горизонтальном и потолочном положениях.

Отмеченные особенности сварки в строительстве необходимо учитывать при подборе и эксплуатации оборудования, выборе, хранении и подготовке к сварке покрытых электродов, разработке технологии сварки, а также при обучении сварщиков.

С учетом свойств применяемых в строительстве сталей и требований, предъявляемых к их сварным соединениям, а также специфики производства сварочных работ на строительных и строительномонтажных площадках при ручной дуговой сварке строительных конструкций используют, главным образом, электроды общего назначения с рутиловым, ильменитовым и основным видами покрытий типа Э42, Э42А, Э46 и Э50А по ГОСТ 9467–75, предназначенные для сварки во всех пространственных положениях шва. По ГОСТ 9466–75 эти электроды относятся к группе электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 590 МПа. Одному и тому же типу электродов по стандарту может отвечать большое количество марок электродов, имеющих индивидуальные особенности и авторские марочные обозначения.

Стержни указанных электродов изготавливают, как правило, из сварочной проволоки Св–08 и Св–08А.

В табл. 1 приведены марки и основные характеристики наиболее применяемых при строительстве марок электродов, предназ-

* По материалам: С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка покрытыми электродами строительных конструкций. — М.: 2001. — 44 с.

Таблица 1. Характеристика распространенных марок электродов, применяемых при строительстве

Марка электрода	Тип по ГОСТ 9467-75	Рациональная область применения	Вид покрытия
MP-3, MP-4, O3C-4, Ротекс-O3C 12, АНО-4	Э46	Сварка ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву до 450 МПа переменным и постоянным токами	Рутиловое
MP-3P, O3C-4И, MP-3У, АНО-6, БРХ-2	Э46		
БРХ-1/42	Э42	Сварка конструкций из низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву до 410 МПа переменным и постоянным токами	Ильменитовое
УОНИ-13/45	Э42А	Сварка особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 410 МПа, работающих в т. ч. при переменных нагрузках и отрицательных температурах, постоянным током	Основное
УОНИ-13/55	Э50А	То же, с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа	Основное
УОНИ-13/55С	Э50А	То же, с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа, переменным и постоянным токами	Основное
УОНИ-13/55У	Э55	Сварка переменным и постоянным токами стержней арматуры сборных железобетонных конструкций из стали классов А-II и А-III	Основное

наченных для сварки низкоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях шва.

Поступающие на площадку строительные конструкции должны быть подготовлены к сварке. Подготовка заключается в проведении следующих операций:

- конструкции должны быть осмотрены для выявления возможных дефектов (расслоений, трещин в металле, некачественных заводских швов, отклонений в размерах и т. п.). В случае обнаружения недопустимых дефектов металла или элементов конструкций их не допускают к дальнейшей работе до исправления;
- перед сборкой соединений под ручную дуговую сварку должна быть проверена правильность подготовки кромок в соответствии со стандартом, очистка мест расположения сварных швов и прилегающих к ним поверхностей металла шириной не менее 20 мм от ржавчины, краски, грязи, влаги, жира и т. п.;
- при сборке необходимо соблюдать размеры зазоров в соединениях, соосность элементов, не допускать смещение кромок на величину более установленной стандартом: 0,5 мм — для деталей толщиной s до 4 мм; 1 мм — для деталей толщиной 4–10 мм; 0,1s, но не более 3 мм — для деталей толщиной 10–100 мм; 0,01s+2 мм, но не более 4 мм — для деталей толщиной более 100 мм;
- после окончания сборки необходимо проверить ее качество, а также соответствие размеров соединения или конструкции проекту, только после этого выполняют сварку.

Качество сварного шва зависит от правильного выбора режима сварки — совокупности основных контролируемых параметров, определяющих условия процесса. Параметрами ручной дуговой сварки покрытыми электродами являются диаметр электрода, род, полярность и сила сварочного тока, напряжение (длина) дуги, скорость сварки, температура подогрева металла (последние два параметра характерны для сварки сталей, требующих специальных технологических приемов). Значения параметров устанавливают в зависимости от марки, толщины и температуры основного металла, типа сварного соединения и способа выполнения швов, положения шва в пространстве, геометрических размеров шва и требований к свойствам получаемых сварных соединений. Так, тип и марку электрода подбирают исходя из марки основного металла, проектных требований к свойствам сварных соединений и пространственного положения шва.

Для сварки в нижнем положении диаметр электрода подбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей:

<i>Толщина металла, мм</i>	<i>Диаметр электрода, мм</i>
1–2	1,6–2,0
2,1–3	2,5–3,0
3,1–5	3,0–4,0
5,1–12	4,0–5,0
≥12,1	5,0

При сварке стыковых соединений с разделкой кромок первый (корневой) шов обычно выполняют электродами диаметром не более 3,0–4,0 мм для обеспечения проплавления корня шва. Для остальных слоев многослойного шва используют эле-

ктроды одного диаметра при одинаковой силе тока, что упрощает процесс сварки и сокращает вспомогательное время на регулировку тока. Обычно сечение первого слоя не превышает 30–35 мм². Сечение последующих слоев шва, выполняемых электродами большего диаметра, будет больше.

Силу сварочного тока $I_{св}$ выбирают согласно указаниям на этикетке, сопровождающей каждую коробку (пачку) с электродами. Максимальные из приведенных на этикетке значения $I_{св}$ применяют для сварки в нижнем положении. При сварке швов в других пространственных положениях силу тока снижают на 10–25%.

Род сварочного тока (переменный или постоянный) и полярность, а также напряжение (длину) дуги определяют в зависимости от требований проекта и марки электрода.

Скорость сварки зависит от коэффициента наплавки электрода и силы сварочного тока: чем они больше, тем больше наплавляется металла за единицу времени и растет скорость сварки. Часто для оценки эффективности электродов применяют понятие «производительность наплавки», которое представляет собой произведение коэффициента наплавки на силу сварочного тока и показывает массу наплавляемого электродом металла в час. Следует иметь в виду, что желание увеличить производительность сварочного процесса за счет повышения силы тока часто приводит к отрицательным результатам: электрод

перегревается, при сварке иногда «течет», т. е. преждевременно плавится, покрытие стораёт, не выполняя своих защитных функций, шов формируется плохо и с большими дефектами.

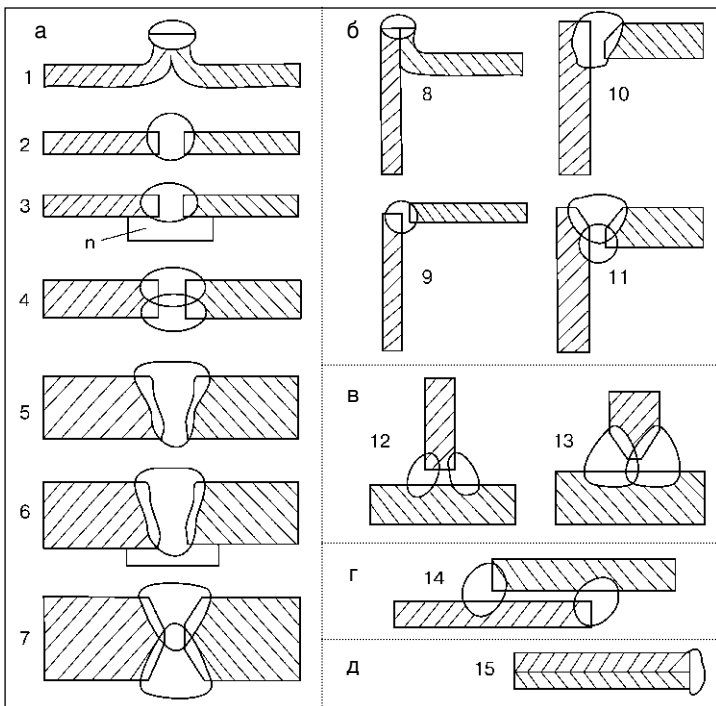
Необходимость и температуру подогрева стали в зоне выполнения сварки определяют в зависимости от марки, толщины и температуры металла, а также типа свариваемой конструкции. Например, при сварке строительных листовых конструкций из низколегированной стали толщиной от 30 до 40 мм при температуре ниже минус 10 °С требуется предварительный подогрев места сварки до температуры 120–160 °С.

Основными соединениями, применяемыми при строительстве, являются стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные, торцевые (рис. 1).

Стыковые швы при толщине металла до 4 мм включительно сваривают без разделки кромок электродами диаметром 1,6–4,0 мм, как правило, без поперечного движения электрода и в один проход (проходом называют однократное перемещение электрода в одном направлении). В некоторых конструкциях, где необходима непроницаемость швов (в резервуарах, водонапорных башнях и др.), эти швы выполняют в два прохода с одной или двух сторон. Швы такого типа удобней сваривать на съемной или остающейся подкладке (см. рис. 1, поз. 3), если это допустимо. Стыковые швы при толщине металла от 2 до 5 мм сваривают в два прохода, по одному с каждой стороны (см. рис. 1, поз. 4). Если возможно выплавить или вышлифовать корень шва после сварки с одной стороны (рис. 2, а), то второй шов накладывают с другой стороны по хорошо очищенному металлу, что обеспечивает качественный провар и допускает сварку без разделки кромок металла толщиной до 12 мм.

В общем случае при сварке швов стыковых соединений из стали толщиной от 3 мм и более предусматривают одностороннюю или двустороннюю разделку кромок. Заполнение разделки металлом при сварке может быть выполнено за один или несколько проходов путем наложения одного или нескольких валиков или слоев (валиком называют металл шва, наплавленный за один проход; под слоем сварного шва понимают часть металла шва, состоящую из одного или нескольких валиков, располагающихся на одном уровне поперечного сечения шва).

Рис. 1. Сварные соединения: а — стыковые; б — угловые; в — тавровые; г — нахлесточные; д — торцевые; п — съемная или остающаяся подкладка



Многослойные швы стыковых соединений, т. е. швы, состоящие из двух и более слоев, выполняют двумя способами: сваркой каждого слоя на всю ширину разделки (рис. 3, а), что допустимо при небольшой толщине металла, так как ширина слоя, определяемая в данном случае шириной валика, должна быть не более 2–4 диаметров электрода; сваркой отдельными валиками, которых может быть в каждом слое 2, 3 и более (рис. 3, б). Последний слой многослойного шва служит его выпуклостью, при его выполнении в результате нагрева ранее выполненных слоев происходит своеобразная термообработка, улучшающая структуру металла шва.

При выполнении многослойных швов необходимо после сварки каждого слоя или валика тщательно очищать их от шлака, брызг металла и пр., и только после этого приступать к наложению следующих слоев или валиков. При двусторонней сварке многослойного шва перед выполнением шва с обратной стороны надлежит удалить его корень до чистого, бездефектного металла (например, с помощью ручной шлифовальной машины).

Сварка угловых швов с разделанными кромками мало отличается от сварки стыковых многослойных швов (см. рис. 1, поз. 10, 11 и 13). Угловые швы без разделки кромок, как правило, делают многопроходными (рис. 4, а); однопроходными такие швы могут быть при максимальных размерах катета 4–5 мм — для электродов диаметром 3,0 мм и 6–8 мм — для электродов диаметром 4,0 мм (рис. 4, б).

Сварка стыковых швов в нижнем положении (рис. 5, а) — наиболее простой и естественный процесс, при котором формированию шва, проплавлению и переносу электродного металла в шов способствует сила тяжести.

Для удержания ванны при вертикальной сварке (рис. 5, в) уменьшают ее размер, снижая силу тока на 10–20%. Сварку тонкого металла и первого слоя стыкового шва с разделкой кромок при вертикальном положении часто ведут сверху вниз без колебательных движений электрода, наклоняя его так, чтобы дуга была направлена на ванну и удерживала ее своим дутьем, а затем постепенно перемещают электрод вниз, образуя шов. Более толстый металл сваривают снизу вверх, дугу зажигают внизу шва и после образования ванны отводят электрод немного вверх, при этом низ ванны,

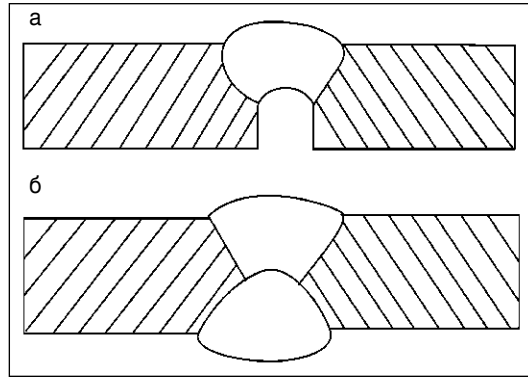


Рис. 2. Выполнение стыковых швов ручной дуговой сваркой на металле толщиной до 12 мм без разделки кромок: а — расчистка корня шва после сварки с одной стороны; б — сварка обратной стороны шва

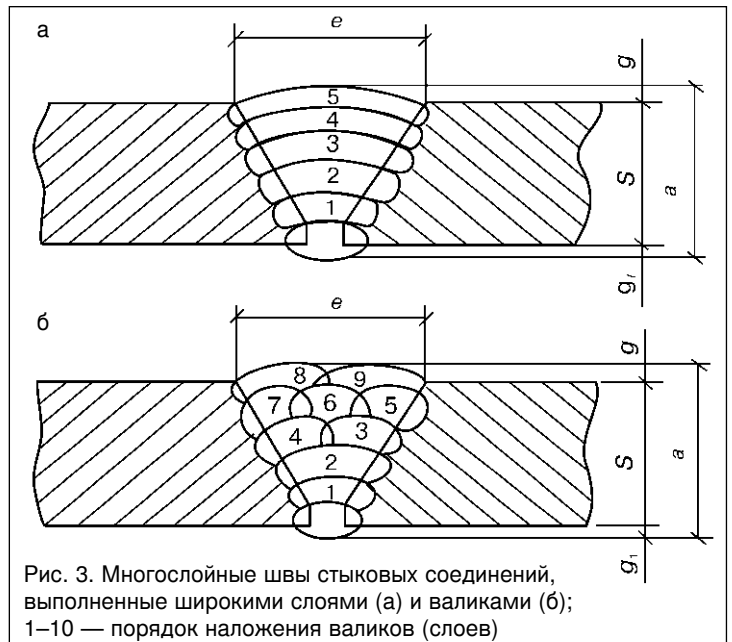


Рис. 3. Многослойные швы стыковых соединений, выполненные широкими слоями (а) и валиками (б); 1–10 — порядок наложения валиков (слоев)

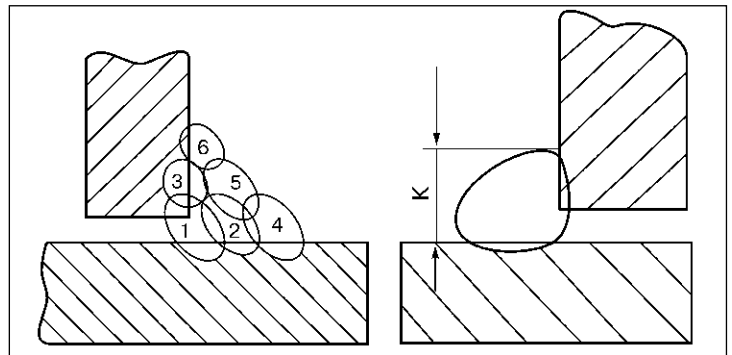


Рис. 4. Выполнение угловых швов ручной дуговой сваркой без разделки кромок: а — многопроходная сварка (1–6 — последовательность проходов); б — однопроходная сварка (к — катет шва)

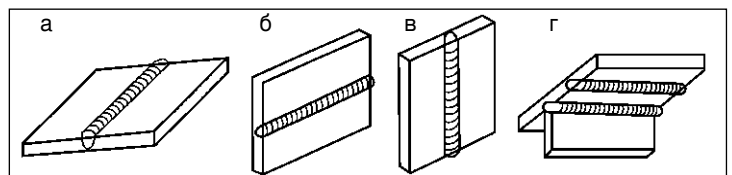


Рис. 5. Положение сварных швов в пространстве: а — нижнее; б — горизонтальное на вертикальной плоскости; в — вертикальное; г — потолочное

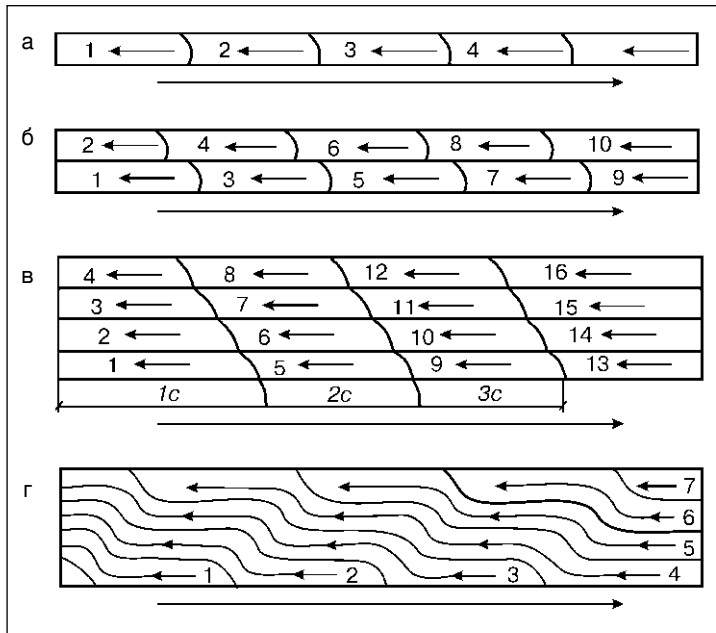


Рис. 6. Способы выполнения швов ручной дуговой сваркой: а — обратно-ступенчатый; б — двойным слоем; в — секциями; г — «каскадом» (цифрами на а, б обозначен порядок наложения валиков, на в, г — обозначены слои)

окруженный затвердевшим шлаком, кристаллизуется, образуя твердый металл, на который ложится следующая ванна и т. д.

Горизонтальные швы на вертикальной плоскости (рис. 5, б) сваривают обычно валиками, как уже отмечалось, при силе тока, пониженной на 15–20% по сравнению с силой тока для сварки в нижнем положении.

Наиболее трудной является сварка в потолочном положении (рис. 5, д). Для удержания ванны расплавленного металла от вытекания уменьшают ее размер за счет использования электродов меньшего диаметра и снижения силы тока на 20–25%. Удержанию ванны способствует также быстро затвердевающий при сварке шлак. Перенос расплавленного электродного металла в ванну происходит при помощи дуги и возникающих при сварке электромагнитных сил. Следует отметить, что при потолочной сварке производительность процесса резко снижается и требуется высокая квалификация сварщика для получения качественного шва.

По протяженности различают короткие швы (длина до 250 мм), средние (длина 250–1000 м) и длинные (при большей длине). Короткие швы сваривают напроход с неизменным направлением сварки, средние сваривают от середины к краям, а длинные — обратно-ступенчатым способом, что значительно уменьшает коробление деталей от сварки (рис. 6, а). Металл средней толщины (15–20 мм) и первые два слоя более толстого металла сваривают способом «двойного слоя» (рис. 6, б). При толщине более 20 мм сваривают секциями (рис. 6, в), и каждый слой секции в свою очередь сваривают обратно-ступенчатым способом; применяют также сварку «каскадом» (рис. 6, г). ● #338

Обеспечение точности изготовления сварных конструкций

(Окончание. Начало на стр. 21).

Для изготовления деталей сварных конструкций высокой и повышенной точности качество и точность резов, выполненных кислородной, плазменной и лазерной резкой, должны соответствовать первому классу. Это требование могут обеспечить порталные машины с программным управлением. Основными производителями такого оборудования в Украине являются АО «Техмаш», АО «Зонт» (Одесса), ОАО «Завод «Кристалл» (Николаев).

Термомеханическая резка. Одной из современных тенденций развития технических систем является применение комбинированных технологий. К таким комбинированным технологиям относится и термомеханическая резка (см. рис. 1). Она сочетает преимущества одного и другого процесса. В плазма-прессах для раскроя

заготовок сочетают плазменную резку и вырубку. В настоящее время плазма-прессы используют редко.

Более гибкими и высокопроизводительными являются лазер-прессы, в которых для выполнения протяженных резов используют газолазерную резку, а небольшие резы осуществляют вырубкой.

Современные конструкции лазер-прессов дополняют устройствами для пластического формообразования. Например, листообрабатывающий центр Trumatik 600 Laserpress осуществляет лазерную резку деталей толщиной до 8 мм и габаритными размерами 2585×1280 (1650) мм, вырубку стандартных контуров за один ход, накатку резьбы, пластическое формообразование различных видов (образование жалюзи, отбортовка отверстий, выдавливание ребер жесткости). Магазин инструментов имеет от 18 до 114 гнезд. Центр оснащен лазерами мощностью 1800, 2400 или 3000 Вт. ● #335

Проблемы качества жидкого стекла в производстве сварочных электродов

А. Е. Марченко, Н. В. Скорина, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

С тех пор, как появились электроды для ручной дуговой сварки (а им уже более ста лет), жидкое стекло неизменно используют в их производстве как связующее электродного покрытия. Несмотря на то, что все это время усложнялись составы покрытий, совершенствовалась технология производства электродов, возростал уровень технических и эксплуатационных требований к электродам и к качеству их изготовления, в жидком стекле постоянно изыскивали резервы, достаточные для того, чтобы оно удовлетворяло всем новым требованиям.

В то же время всем хорошо известно, что при неумелом обращении жидкое стекло может стать причиной многих технологических проблем, и каждому технологу обязательно приходится считаться с этим.

Жидкое стекло представляет собой водный раствор того или иного (по химическому составу) щелочного силиката, который, как теперь достоверно установлено, уникально комбинирует в себе свойства коллоидных, полимерных и электролитных растворов. В этой уникальности есть свои плюсы и минусы. Именно в ней следует искать источники, с одной стороны, заключенных в жидком стекле широких возможностей «откликаться» на постоянно растущие требования, которые выдвигает современная технология к стеклу как к связующему, а с другой — причины высокой чувствительности его физико-технических характеристик даже к незначительным внешним физико-механическим воздействиям.

Вид щелочных силикатов, которые, растворяясь в воде, образуют жидкие стекла (натриевый, калиевый, литиевый или определенная их комбинация), является главным показателем их отличия друг от друга по химическому составу. В практике электродного производства используют простые (натриевые, калиевые и очень редко встречающиеся литиевые) жидкие стекла, комбинированные (натриево-калиевые или калиево-натриевые), а также

комплексные (калиево-натриево-литиевые) жидкие стекла.

Силикаты калия — самые эффективные стабилизаторы электрического дугового разряда, но, как и многие другие соединения калия, они повышают гигроскопичность электродных покрытий. Силикаты лития подавляют гигроскопичность покрытий, однако могут быть причиной нестабильности жидких стекол при повышении их температуры.

Натриевые и калиевые жидкие стекла имеют самую долгую историю использования в производстве электродов. Свойства их детально изучены, а технология изготовления и применения надежно отлажена. Естественно, в разных странах она имеет свои особенности. Так, в большинстве стран дальнего зарубежья жидкое стекло поставляют электродоизготавливающим предприятиям полностью готовым к употреблению. Его производят по двухстадийному методу: сначала выплавляют силикатную глыбу, которую здесь же автоклавным растворением в воде превращают в жидкое стекло. Прежде чем поставить стекло потребителю, его показатели доводят до нормативных (контрактных) требований (фильтруют, корректируют по химическому составу и концентрации). Тем самым потребителю предоставляется возможность применять жидкое стекло с именно такими химическим составом и физическими характеристиками, которые требуются для каждой марки и каждого типоразмера электродов. Указанные характеристики воспроизводят от партии к партии жидкого стекла с достаточно узкими пределами колебаний. Благодаря этому устраняют один из основных источников нестабильности технологического процесса изготовления электродов. Однако при транспортировании жидкого стекла потребителю приходится перевозить воду и учитывать сопутствующие климатические условия (жара, мороз). Когда расстояния не очень большие, эти проблемы решаются легче, чем проблемы нестабильности производственных процессов.

В Украине автоклавное растворение силикатной глыбы, которую обычно поставляют стекольные заводы, осуществляют сами потребители жидкого стекла. Они доводят его до требуемой кондиции. Нужных для этого возможностей, как правило, нет, и это неблагоприятно отражается на качестве жидкого стекла и соответственно электродов.

Растворы комбинированных силикатов сочетают в себе свойства простых (однокомпонентных) жидких стекол, причем многие важные показатели, например, вязкость, поверхностное натяжение и др., имеют существенное отклонение от тех значений, которые следовало бы ожидать, если соблюдается правило аддитивности при смешивании. Этот, так называемый синергетический (или, как говорят, полищелочной) эффект в чистом виде проявляется, когда готовят смесь из двух или большего количества простых жидких стекол. Он также может быть причиной несоответствий показателей качества электродов. Сегодня не имеется ни теоретических, ни эмпирических предпосылок, которыми можно было бы воспользоваться для прогнозирования синергетических характеристик комбинированных жидких стекол, даже если у простых стекол, заготовленных для смешивания, они точно измерены. Именно поэтому в практике отечественного электродного производства с начала 1960-х годов для приготовления комбинированных жидких стекол стали применять комбинированные силикатные глыбы. Так, ОАО «Армстеклозавод» (Армавир, Краснодарский край), основной поставщик этого вида продукции, производит два вида комбинированных силикатов: натриево-калиевый с номинальным соотношением $N_2O : K_2O = 0,7 : 0,3$ и калиево-натриевый с номинальным соотношением $Na_2O : K_2O = 0,25 : 0,75$.

Это существенно упростило технологию приготовления жидких стекол в электродных цехах, способствовало стабилизации их характеристик и избавило технологов-производственников от многих неожиданностей, с которыми им пришлось бы столкнуться при смешивании однокомпонентных жидких стекол. А тип жидкого стекла назначает автор рецептуры электродов, который учитывает при этом множество важных моментов, в первую очередь наличие других калийсодержащих составляющих в покрытии. К сожалению, даже в этой ситуации приходится считаться с возможнос-

тью проявления синергетического эффекта, например, при смешивании жидких стекол разных модулей и вязкостей, когда возникает необходимость корректировок.

Комплексные жидкие стекла, которые появились как ответ на самые последние требования электродного производства, представляют собой тройные композиции, включающие дополнительно к калиево-натриевой еще и литиевую составляющую. В них сочетаются преимущества калиевых (высокие стабилизирующие) и литиевых (низкие гигроадсорбционные свойства) щелочных силикатов. Наиболее перспективная сфера их использования — производство низководородных электродов так называемых LMA-HMR-модификаций (очень низкая гигроскопичность покрытия). Учитывая изложенные соображения об очень низкой растворимости литийсодержащих силикатов в воде, комплексные жидкие стекла можно приобретать только в готовом для использования виде. Они существенно дороже остальных модификаций жидких стекол. В странах СНГ их пока не производят и не применяют.

Кремнеземистый модуль М — еще одна важная характеристика химического состава щелочных силикатов и жидких стекол. Он представляет собой отношение молярных концентраций состоящих в глыбе или растворе двуокиси кремния и щелочных оксидов. По величине модуля используемые в электродном производстве жидкие стекла условно делят на три категории: низкомодульные ($M = 2,7...2,9$), среднемодульные ($M = 2,9...3,1$) и высокомодульные ($M = 3,1...3,4$). Для калиевых и особенно литиевых видов жидких стекол верхняя граница модулей высокомодульных стекол повышается.

Следующая характеристика жидкого стекла — концентрация растворенного силиката. Ее напрямую представляет «сухой остаток» жидкого стекла, т. е. массовая доля вещества, остающегося после медленного выпаривания раствора и прокаленного при $900^\circ C$. Косвенной же характеристикой концентрации одного и того же вида жидких стекол может служить их плотность. Но между плотностью и содержанием «сухого остатка» нет прямой пропорциональной связи. Этого не может быть по той простой причине, что растворитель, находящийся в гидратной оболочке щелочных катионов, существенно более уплотнен, чем в остальной части раствора. При этом

степень уплотнения оболочки вокруг иона натрия намного более высокая, чем степень уплотнения оболочки вокруг иона калия. Поэтому реальная плотность растворов щелочных силикатов оказывается большей по величине, чем та, которую ожидают, руководствуясь простым правилом распределения: чем больше растворенного вещества в растворителе, тем выше концентрация раствора. Цену ошибки можно определить, глядя на график взаимосвязи плотности и содержания «сухого остатка» жидких стекол*. По этим же графикам можно убедиться в том, что для каждого вида жидкого стекла — натриевого, калиевого и т. д. — должна быть своя взаимосвязь.

Вязкость жидких стекол и ее зависимость от концентрации и температуры является самой важной физической характеристикой, которая, в сущности, определяет и экструзионные (способность легко и равномерно напрессовываться на стержни), и прочностные свойства обмазки (ее способность противостоять механическим повреждениям после нанесения на стержни). Умение подобрать и поддерживать на выбранном уровне вязкость жидкого стекла в зависимости от его вида и модуля, а также от окружающей температуры свидетельствует о высшей степени квалификации технолога. В этом ему должны оказать существенную помощь детально изученные, табулированные и графически оформленные для простых жидких стекол зависимости между их модулем, плотностью и вязкостью. Пользуясь графиками, можно по плотности и вязкости данного жидкого стекла найти его модуль, а уже по его величине прогнозировать ожидаемую реакцию раствора на всевозможные внешние изменения (концентрацию, температуру и т. д.). Этот прием чрезвычайно полезен для тех предприятий, у которых нет химических лабораторий, а стоимость химического анализа на стороне сейчас слишком высока. Нужно только иметь необходимый инструмент и обучить персонал точному определению указанных характеристик жидких стекол.

В США и в странах ЕС для производства электродов вместо жидкого стекла используют порошкообразные гидратированные щелочные силикаты. Их добавляют в сухую шихту, равномерно распределяют в ней, тщательно перемешивая в сухом виде, и после вливания нужной порции воды

доводят массу в том же смесителе до пастообразной консистенции (какую обычно получают, применяя жидкое стекло). Опрессовку электродов из этой массы и их термообработку выполняют по традиционной технологии.

ИЭС им. Е. О. Патона и ЛТИ им. Ленсовета провели технологическую оценку гидросиликатов, перспективных для промышленного производства электродов. Электроизолирующие предприятия не проявили к ним должного интереса, ссылаясь на высокую их стоимость, хотя в производстве других видов продукции их продолжают использовать.

подавляющая часть малых и средних предприятий-изготовителей сварочных электродов использует для растворения силикатной глыбы стационарные стекловарки открытого типа. В них достаточно легко растворяются только калиево-натриевые виды силикатной глыбы. Натриево-калиевую глыбу приходится предварительно тонко измельчать, а стекловарки — комплектовать мешалками. Технология, основанная на применении такого оборудования, нуждается в доработке. В частности, следует отказаться от прямого нагрева стенок стекловарок электроспиралью и перевести их на косвенный нагрев при помощи масляных ванн.

Заслуживает внимания технология приготовления жидкого стекла в шаровых мельницах с обогреваемой стенкой, в которых совмещен мокрый помол растворимого компонента и перемешивание. Предметом изучения должны быть «напол» мелющих тел и степень обогащения готового продукта взвесью нерастворившегося силиката (и то, и другое может влиять на стабильность характеристик жидкого стекла).

● #339

А **ОАО ДнепрАЗОТ**

ПРОИЗВОДИТ И РЕАЛИЗУЕТ

ОБОЙНЫЙ КЛЕЙ

К М Ц

(05692) тел/факс 7-14-67 г. Днепродзержинск,
тел 7-80-27, 7-86-79 ул.Горобца, 1

* См. Сварщик. — № 6. — 2001. — С. 40–41.

Электронно-лучевая резка

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, Е. И. Истомин, инж.,
Инновационный центр «Технологии и материалы» (Киев)

Для расширения технологических возможностей способов термической резки и обеспечения исходной чистоты разрезаемых металлов разработаны новые вакуумные технологии резки металла большой толщины с использованием модернизированной сварочной электронно-лучевой аппаратуры.

Для резки, как и для сварки, используют высококонцентрированные аксиально-симметричные электронные пучки, однако требования, предъявляемые к геометрии электронного пучка, здесь более жесткие.

Основными характеристиками резки являются ширина Δ_p реза и толщина Δ_{II} оплавленной поверхности реза, которые должны быть как можно меньше. Сумма $\Delta_p + 2\Delta_{II}$ должна быть меньше ширины сварного шва, если бы он формировался электронным пучком такой же мощности,

что и при резке. Только в этом случае достигается высококачественная и промышленно применимая резка металлов.

Таким образом, электронный пучок для резки должен иметь четко очерченную границу (быть без периферии, т. е. «ореола») и меньший в 1,5–2 раза диаметр, чем для сварки. С этой целью для сварочной электронной пушки должен быть предусмотрен соответствующий сменный комплект деталей электронно-оптической системы.

Центробежная резка. Эта технология разработана для резки цилиндрических деталей перпендикулярно к их оси при высокоскоростном вращении (рис. 1). При этом развивается центробежная сила, выбрасывающая расплавляемый металл из зоны резки, и происходит послойное мелкокапельное удаление металла.

Оценим необходимую частоту вращения детали. Центробежная сила, действующая на какую-либо часть расплава,

$$F_c = m\omega^2 R, \quad (1)$$

где m — масса части расплава; R — радиус вращения центра тяжести рассматриваемой части расплава.

Для того чтобы оторвать каплю расплава, центробежная сила должна преодолеть силу адгезии расплава, которую с достаточной степенью точности можно приравнять к силе поверхностного натяжения F_s отрываемой капли:

$$F_c = 2\pi r\sigma, \quad (2)$$

где r — радиус капли расплава; σ — коэффициент поверхностного натяжения.

Таким образом, для капельного удаления расплава необходимо следующее условие:

$$F_c \geq F_s. \quad (3)$$

Используя выражения (1)–(3), определяем искомое соотношение для необходимой частоты вращения разрезаемой детали:

$$n \geq (1/2\pi r) \sqrt{3\sigma/2\rho R}, \quad (4)$$

где ρ — плотность расплава.

Так, для мелкокапельного ($r = 0,025$ см) удаления расплава из зоны резки стального вала радиусом 1 см частота его вращения

$$n \geq (1/2\pi \cdot 0,25 \text{ см}) \times \sqrt{(3 \cdot 1800 \text{ дин/см}) / (2 \cdot 7 \text{ г/см}^3 \cdot 1 \text{ см})} \approx 7500 \text{ об/мин.}$$

Рис. 1. Схема процесса резки тел вращения: 1 — электронная пушка; 2 — электронный пучок; 3 — разрезаемая деталь; 4 — рез; 5 — поток капель удаляемого расплава; ω — круговая частота вращения детали

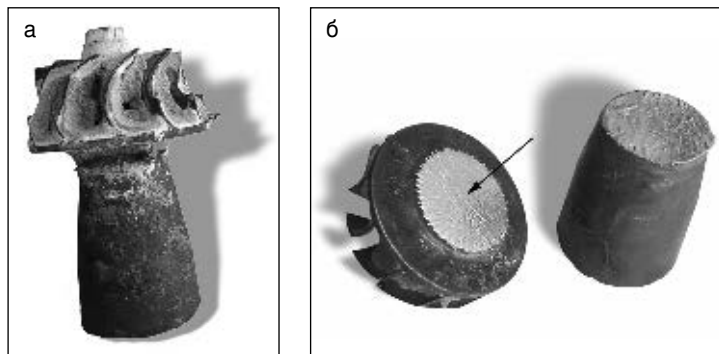
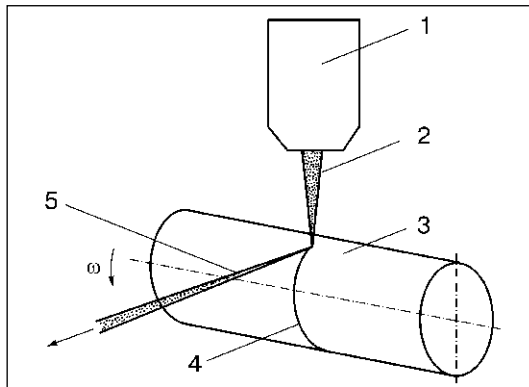


Рис. 2. Внешний вид заготовки турбины турбокомпрессора из жаростойкого сплава ЖСЛ-750: а — литая заготовка турбины; б — заготовка, разрезанная на две части: турбину и хвостовик. Диаметр вала в зоне резки 46 мм; частота вращения $n = 7500$ об/мин; ускоряющее напряжение электронной пушки $U_{уск} = 60$ кВ; сила тока электронного пучка $I_n = 300$ мА; время резки 6 с (стрелкой показана поверхность реза на турбине)

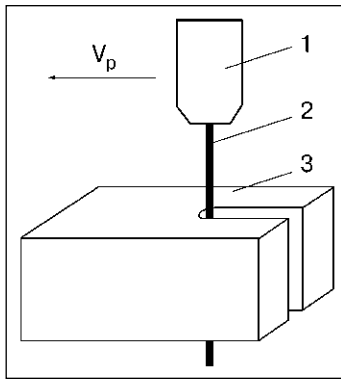


Рис. 3. Схема процесса линейной резки: 1 — электронная пушка; 2 — электронный пучок; 3 — разрезаемое изделие

Результат резки по описанной выше схеме показан на рис. 2. Ширина реза не превышает 2,5 мм. Неровность поверхности реза — меньше 160–250 мкм.

Линейная резка. При резке листового металла, а также изделий с переменной толщиной осуществляют линейное относительное перемещение электронной пушки и разрезаемого листа или изделия (рис. 3). Рез при этом формируется за один проход.

Эффективное удаление расплавляемого электронным пучком металла производят методом «принудительного» переноса с частотой капельного течения

$$f = 3v/a_0^2, \quad (5)$$

где v — коэффициент кинематической вязкости; a_0 — средняя толщина пленки расплава на фронте реза.

Это позволяет достигнуть минимальной ширины реза и высокого качества поверхности реза. С лицевой и обратной стороны реза образуется небольшой грат.

Характеристики линейной резки приведены в таблице и на рис. 4 и 5.

Если при резке титановых сплавов давление в вакуумной камере не превышает $6,7 \cdot 10^{-3}$ Па, то в оплавленной зоне поверхностей реза обеспечивается исходная чистота сплава.

Необходимое оборудование. Для электронно-лучевой резки используют то же оборудование, что и для электронно-лучевой сварки, после небольшой его модернизации:

- в электронной пушке заменяют катодный и анодный узлы (соответствующая новая электронно-оптическая система для электронных пушек конструкции ИЭС им. Е. О. Патона и АО «СЭЛМИ», г. Сумы, разработана и испытана);
- устанавливают высокоскоростной вращатель (для центробежной резки);
- применяют специальную систему управления электронным пучком (для линейной резки).

Таблица. Характеристики электронно-лучевой резки некоторых листовых металлов

Металл	Толщина, мм	Сила тока электронного пучка, мА	Скорость резки, мм/с	Ширина реза, мм
Титановый сплав	20	200	15	0,7
	50	450	15	1,5
	60	350	10	1,8
Медь	50	500	15	1,5
Высокопрочная сталь	30	250	10	1,5
	60	450	10	2,0
Жаростойкий никелевый сплав	30	200	7,5	2,0

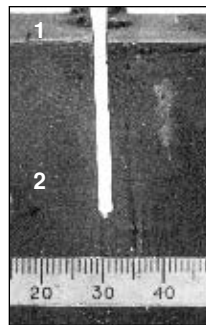
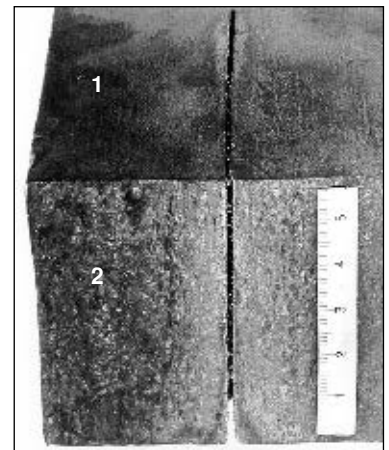


Рис. 4. Внешний вид частично разрезанного образца толщиной 30 мм из жаростойкого сплава на никелевой основе ($U_{\text{уск}} = 60$ кВ; $I_n = 200$ мА; $V_p = 7,5$ мм/с): верхняя грань 1 — начало реза (грань параллельна оси электронного пучка); передняя грань 2 — сторона выхода электронного пучка (грань перпендикулярна к оси электронного пучка)

Рис. 5. Внешний вид частично разрезанного образца толщиной 60 мм из высокопрочной стали типа АК ($U_{\text{уск}} = 60$ кВ; $I_n = 450$ мА; $V_p = 10$ мм/с): 1 — верхняя грань, сторона входа электронного пучка (грань перпендикулярна к оси электронного пучка), 2 — передняя грань, с которой начинают рез (грань параллельна оси электронного пучка)



Размеры вакуумной камеры, характеристики механизмов перемещения и конструкцию специальной оснастки определяют исходя из конструкции и размеров разрезаемого изделия.

Области применения. Анализ лабораторных исследований и технико-экономический анализ показали, что технологический процесс можно рекомендовать для резки:

- тугоплавких и химически активных металлов;
- в труднодоступных местах;
- различных металлов и изделий на предприятиях, имеющих сварочное электронно-лучевое оборудование.

Электронно-лучевая резка — экологически чистый процесс, так как ее проводят в закрытых вакуумных камерах. Она не требует расхода дорогостоящих газов, как другие способы термической резки. Этот процесс можно использовать как в основном, так и в заготовительном производствах. ● #340

Механическая прочность сварной конструкции из высокотемпературной пьезокерамики и конструкционного сплава

Ю. Г. Задорожный, канд. техн. наук, «Конструкторское бюро «Контакт» (Чернигов)

Широкое распространение в измерительной технике получили датчики, в которых используют пьезокерамику (ПК) — акселерометры, датчики пульсации давления, датчики силы и др. Они отличаются высокой стабильностью и широким диапазоном эксплуатационных характеристик. Известны конструкции пьезодатчиков, работоспособные до температуры +500 °С. В таких изделиях используют ПК на основе титаната висмута ТВ-2, ТВ-3.

Особенностью высокотемпературной ПК является наличие в составе легкоплавкого металла — висмута. Количество висмута в пьезокерамике доходит до 70% по массе. В процессе диффузионной сварки ПК с металлом висмут легирует поверхностный слой металла. Это сопровождается появлением жидкой фазы между свариваемыми поверхностями и приводит к разрушению сварного соединения. Диффузионную сварку такой ПК с металлом можно проводить через барьерную прослойку, например, хрома (БПр) толщиной 0,1–1,5 мкм.

Технологический процесс изготовления неразъемных металлокерамических конструкций включает ряд последовательно выполняемых операций, каждая из которых оказывает влияние на механическую проч-

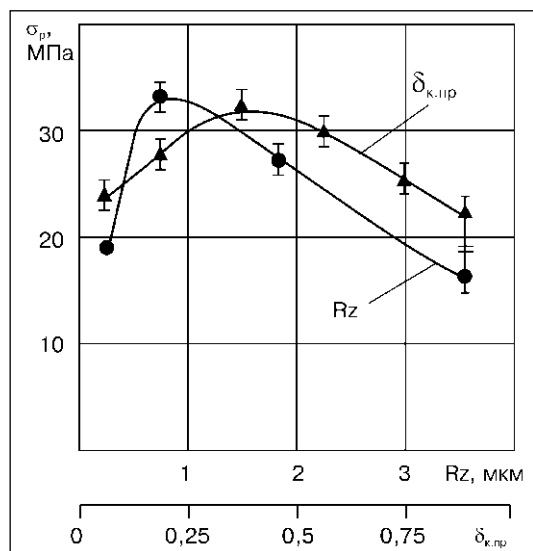
ность сварной конструкции (например, соединения ТВ-2+Cr+Cu+ХН67ВМТЮ). Это — поляризация и стабилизация, толщина компенсирующей медной прокладки, шероховатость поверхности ПК, температура сварки, давление сжатия, время сварки, толщина прослойки хрома.

Оценку зависимостей механической прочности сварной конструкции от параметров технологического процесса проводили в режиме однофакторного эксперимента. Стабилизированные параметры технологического процесса фиксировали при значениях, обеспечивающих максимальную прочность сварного соединения. Один из параметров процесса изменяли в исследуемом диапазоне, что вызывало изменение прочности. Измерения выполняли на сварном узле, габаритные размеры которого совпадали с реальной конструкцией датчика пульсации давления. Диаметр свариваемой поверхности 5 мм. Высота пьезокерамической детали 3–6 мм. Механическую прочность сварного соединения определяли на растяжение с постоянной скоростью нагружения.

Влияние механической обработки на свариваемые поверхности ПК. При шероховатости свариваемых поверхностей $Rz = 0,4...0,6$ мкм достигается максимальная прочность сварного соединения ПК (рис. 1). Увеличение шероховатости до $Rz = 1,5...2,0$ мкм (шлифовка микропорошком №3) или уменьшение шероховатости до $Rz = 0,1...0,3$ мкм (полировка алмазной пастой) приводят к снижению прочности сварного соединения и увеличению разброса значений прочности. Наибольшую прочность и наименьший разброс значений прочности сварного соединения достигают при механической обработке свариваемых поверхностей до $Rz = 0,4...0,6$ мкм шлифовкой микропорошком №10 на стекле.

Влияния толщины медной прокладки. Наибольшая прочность изделия обеспечи-

Рис. 1. Зависимость прочности σ_p сварного соединения ТВ-2+Cr+Cu+ХН67ВМТЮ (для свариваемых поверхностей диаметром 5 мм) от шероховатости поверхности пьезокерамики Rz и толщины компенсирующей медной прокладки $\delta_{к.пр}$ при $T = 1073$ К, $P = 10$ МПа, $V < 1 \cdot 10^{-2}$ Па, $\tau = 300$ с



вается при использовании медной прокладки толщиной 0,2–0,35 мм (см. рис. 1). Уменьшение прочности сварного соединения при толщине медной прокладки менее 0,2 мм, вероятно, связано со значительной ее деформацией из-за недостаточной плоскостности свариваемых деталей. Это приводит к неодинаковому качеству сварного соединения по всей поверхности контакта и увеличивает общее время процесса. Увеличение толщины прокладки (более 0,35 мм) также вызывает снижение прочности. Это, вероятно, связано с появлением несоосности сварной конструкции.

Влияния толщины барьерной прослойки хрома. Использование барьерной прослойки хрома между ПК и медью повышает прочность сварного соединения (рис. 2). Увеличение толщины БПр хрома до 0,09 мкм сопровождается ростом прочности сварного соединения с медью. При этом разрушение сварного соединения происходит по поверхности контакта свариваемых материалов. БПр хрома больше 0,09 мкм вызывает изменение характера разрушения. Разрушение сварной металлопьезокерамической конструкции проходит по пьезокерамической детали.

При напылении БПр хрома на свариваемую поверхность ПК прослойка будет иметь дефекты, связанные как с особенностями процесса напыления, так и с пористостью ПК. Сплав ТВ–2 имеет пористость 8%. Средний размер пор ПК находится в пределах 0,2–1 мкм. При толщине БПр, сравнимой с размером пор, блокирование отрицательного влияния висмута на прочность соединения будет проходить более полно. Это объясняет рост прочности соединения при увеличении толщины БПр.

В процессе сварки происходит диффузионное растворение хрома в ПК с образованием оксидных слоев хрома, которые также имеют блокирующие свойства и ограничивают диффузию висмута в медь. Диффузионное растворение хрома в свариваемых материалах ограничивает нижний предел толщины БПр хрома. Для сварки материалов ТВ–2+медь нижний предел толщины БПр хрома составляет 0,09 мкм (см. рис. 2).

При использовании БПр хрома толщиной от 0,09 до 0,5 мкм прочность сварного соединения не изменяется и имеет максимальные значения. При толщине 0,9–1,5 мкм величина нагрузки, разрушающей сварное соединение, уменьшается. Разрушение при этом проходит по ПК.

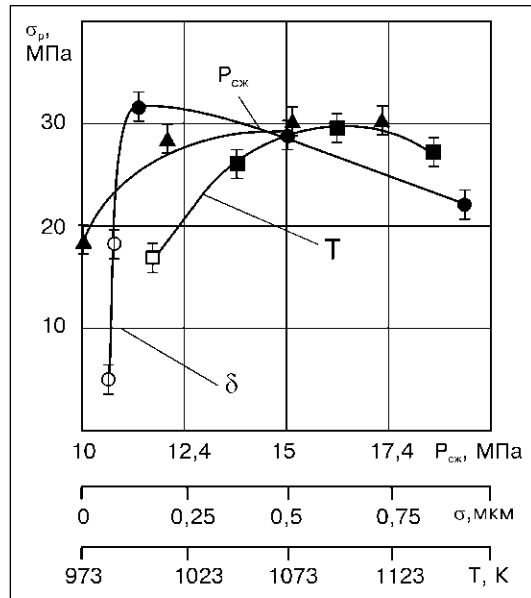


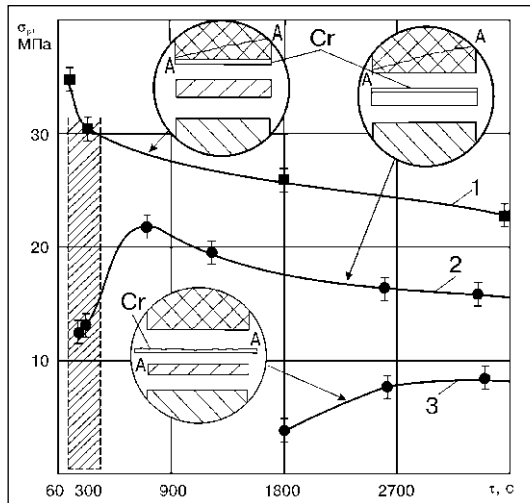
Рис. 2. Зависимость прочности σ_p сварного соединения от температуры T сварки, давления сжатия $P_{сж}$ и толщины барьерной прослойки δ : ■ ● ▲ — разрушение по пьезокерамике; □ ○ — разрушение по зоне контакта материалов

При толщине хрома 2 мкм напыленный слой имеет тенденцию к отслаиванию. Причиной этого являются механические напряжения. Снижение разрушающего усилия металлопьезокерамической конструкции при такой толщине БПр, вероятно, связано с наложением напряжений самой конструкции на напряжения прослойки. Это ограничивает верхний предел толщины БПр хрома (для соединений диаметром до 5–7 мм) до 1,5 мкм.

Влияния температуры сварки. Прочность сварного соединения ТВ–2+Сг+Cu+ХН67ВМТЮ в диапазоне температур 1000–1073 К увеличивается с увеличением температуры сварки (см. рис. 2). До $T=1053$ К разрушение сварного соединения происходит по поверхности контакта материалов, выше 1053 К — по ПК. Изменение характера разрушения сварного соединения, вероятно, можно объяснить увеличением механической прочности сварного шва, которая при температуре 1053 К превышает прочность сплава ТВ–2. Увеличение температуры выше 1123 К сопровождается уменьшением разрушающей нагрузки. Видимо, это связано с ростом переходной зоны в соединении ПК+металл, обладающей меньшей, чем ПК, прочностью, а также с появлением на поверхности ПК микротрещин, вызванных испарением компонентов ПК с поверхности пьезокерамической детали. Максимальная прочность достигается в диапазоне температур 1053–1093 К.

Влияния давления сжатия. Прочность сварного соединения с увеличением давления в диапазоне 10–18 МПа растет с тенденцией к стабилизации (см. рис. 2). До дав-

Рис. 3. Зависимость прочности σ_p сварной конструкции ТВ-2+Cr+Cu+ХН67ВМТЮ от времени сварки τ : 1 — барьерная прослойка нанесена на ПК; 2 — барьерная прослойка нанесена на медную прокладку; 3 — барьерная прослойка хрома в виде пластины толщиной 0,3 мм; А-А — поверхность разрушения сварного соединения



ления сжатия, равного 10 МПа, прочность не превышает 15 МПа. При этом разрушение сварного соединения частично проходит по поверхности контакта материалов. Выше 10 МПа разрушение сварного соединения проходит по сплаву ТВ-2. При давлении более 25 МПа происходит деформирование пьезокерамической свариваемой детали. Это является браком сварной конструкции. Максимальные значения прочности достигают в диапазоне давления 12,4–17,4 МПа.

Влияния времени сварки. При нанесении на медную прокладку БПр методом термического испарения в вакууме сварное соединение образуется между ПК и хромом. С увеличением времени сварки в интервале 60–600 с происходит повышение прочности (рис. 3, кривая 2). Дальнейшее увеличение времени сварки в интервале 600–3600 с вызывает уменьшение нагрузки, разрушающей сварную конструкцию. Разрушение при этом происходит по ПК. Характер полученной зависимости аналогичен кинетике формирования сварного соединения алюмооксидной керамики с металлом.

При напылении БПр на свариваемую поверхность ТВ-2 сварное соединение формируется между медью и хромом. Начальный контакт БПр хрома и ТВ-2 уже сформировался в процессе вакуумного напыления. Максимальных значений прочность сварного соединения достигает при времени сварки 60–80 с. Увеличение времени сварки приводит к уменьшению прочности (см. рис. 3, кривая 1).

Оценка кинетики формирования сварного соединения Cr+Cu показала, что его механическая прочность уже после 10–30 с сварки в 5–10 раз больше прочности ПК (для ТВ-2 $\sigma = 30...40$ МПа; для Cr+Cu $\sigma = 250...400$ МПа). При времени сварки 60 с

соединение Cr+Cu не оказывает влияния на кинетику формирования соединения ПК с коррозионноустойчивым сплавом. При использовании БПр хрома толщиной 0,2–0,3 мкм механически прочное соединение формируется при большем времени сварки — 1800 с (рис. 3, кривая 3). Разрушение соединения при этом проходит по хромю.

Полученные зависимости прочности соединения ПК+Cr от времени сварки (см. рис. 3, кривые 1, 2) показывают, что увеличение времени сварки вызывает уменьшение прочности. Это может быть вызвано появлением в переходной зоне сварного соединения ПК+Cr новой фазы либо процессами старения ПК при обработке в вакууме. Характер зависимости — снижение прочности с тенденцией к стабилизации — дает основание полагать, что рост новой фазы (в зоне контакта ПК и хрома) проходит под действием диффузии реагирующих компонентов через выделенную фазу, что подтверждают результаты исследования переходной зоны сварного соединения. Скорость роста новой фазы с увеличением времени изотермической выдержки при высоких температурах будет уменьшаться. Это является благоприятным условием в случае эксплуатации сварного соединения при высоких температурах.

Сравнение технологических приемов, использованных при сварке ПК (напыление БПр хрома на ПК или на медную прокладку), показывает, что при первом требуется в 6–10 раз меньше времени для образования сварного соединения с наибольшей прочностью. Диапазон времени сварки, обеспечивающей максимальные значения прочности соединения, при использовании этого технологического приема равен 60–300 с.

Нанесение барьерной прослойки хрома на свариваемую поверхность пьезокерамики изменяет кинетику формирования сварного соединения за счет улучшения начальных условий контактирования материалов, что сокращает время сварки и обеспечивает увеличение прочности сварного соединения. Максимальные значения прочности сварной конструкции ТВ-2+Cr+Cu+ХН67ВМТЮ достигаются при следующем режиме: $T = 1053...1093$ К, $P_{сж} = 12,4...17,4$ МПа, $\tau = 60...300$ с, $\delta_{xp} = 0,09...0,9$ мкм, $\delta_{мд} = 0,25...0,3$ мм.

Разработанная технология использована при производстве модернизированных, неохлаждаемых датчиков пульсации давления ДПС-005, работоспособных при температуре до 500 °С.

Международные инженеры-сварщики — новое пополнение

Современные требования к качеству сварных конструкций, надежности и экономической безопасности, а также усиление конкуренции в условиях свободного рынка обуславливают необходимость поиска новых форм в организации и управлении сварочным производством, стимулируют разработку и внедрение систем обеспечения качества. Одним из важнейших факторов, определяющих качественный уровень производства, является компетентность персонала. Необходимый квалификационный уровень специалистов, их инновационная активность, способность внедрять новые технологии в конечном счете обеспечивают предприятию конкурентоспособность продукции на рынке.

Профессиональная подготовка и повышение квалификации персонала сварочного производства, направленная на развитие компетентности, является определяющей концепцией в деятельности Межотраслевого учебно-аттестационного центра ИЭС им. Е. О. Патона. Центр проводит многоступенчатую систему обучения различных категорий работников, направленную на развитие их профессиональных знаний и умений, связанных с реализацией функций по управлению и обеспечению качества сварных конструкций в соответствии с требованиями как национальных, так и международных стандартов.

21 января 2003 г. Межотраслевому учебно-аттестационному центру Института электросварки им. Е. О. Патона, получившему в 2002 г. от Международного института сварки статус Уполномоченного Органа по подготовке и сертификации персонала сварочного производства, предоставлена полная аккредитация на обучение специалистов с присвоением квалификаций:

- Международный инженер-сварщик.
- Международный технолог-сварщик.
- Международный специалист-сварщик.
- Международный практик-сварщик.

Центр получил право в рамках национальной системы квалификации персонала в области сварки определять возможности обучения по программам МИС. Для специалистов, имеющих подтвержденную нацио-



нальной системой квалификацию инженера, магистра или научную степень в области сварки, утверждена специальная программа переподготовки в объеме 72 ч. 4 апреля 2003 г. состоялся выпуск слушателей, проходивших обучение по этой программе.

Дипломы Международного инженера-сварщика получили: *Бут В. С., Дворецкий В. И., Демченко Ю. В., Кайдалов А. А., Позняков В. Д. и Проскудин В. Н.* — НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» (Киев), *Репкин М. Б.* — Харцызский трубный завод (Харцызск), *Федоров Е. С.* — ОАО «Завод металлоконструкций им. В. И. Бабушкина» (Днепропетровск), *Халангот П. В.* — ОАО «ММК Азовсталь» (Мариуполь), *Юрлов Б. В.* — ООО «Экотехнология» (Киев).

Присвоение международной квалификации дает значительные преимущества как специалисту сварочного производства, так и предприятию, на котором он работает. Инженеры, технологи и специалисты, квалификация которых подтверждена международным дипломом, имеют право осуществлять надзор за выполнением сварочных работ в соответствии с требованиями международных норм по управлению и обеспечению качества. Они могут принимать участие в работах по подготовке и проведению сертификации продукции сварочного производства согласно международным требованиям. Международный диплом специалиста сварочного производства — это признание его высокого профессионального уровня.

● #342



Фильтровентиляционный агрегат «Шмель-1500» с вихревым улавливающим устройством

Н. И. Ильинский, директор НПФ «Шмель» (Одесса),

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)

Улавливание вредных для организма человека веществ в составе сварочного аэрозоля применяемыми в настоящее время фильтровентиляционными агрегатами (ФВА) осуществляется, как правило, с помощью специальных воздухоприемных устройств (сопел), устанавливаемых на расстоянии 30–50 см от сварочной дуги. При расположении отсасывающего сопла диаметром 125–160 мм над сварочной дугой для эффективного улавливания требуется удалять с места сварки 600–1000 м³ воздуха в час. В случае бокового отсоса, что часто определяется конфигурацией свариваемой конструкции, такого количества воздуха уже недостаточно для эффективного улавливания. Поэтому воздухоприемное сопло должно быть максимально приближено к сварочной дуге, что также не всегда возможно.

С целью повышения эффективности улавливания сварочного аэрозоля в НПФ «Шмель» разработана новая оригинальная конструкция улавливающего устройства с активной вихревой насадкой для известного ФВА «Шмель-1500» (рисунок).

Специальная вихревая насадка, устанавливаемая на воздухозаборную часть воздуховода, создает равномерно направленные потоки воздуха в проем сопла, ускоряемые вентилятором насадки. При этом эффективность улавливания сварочного аэрозоля повышается настолько, что в

ФВА, снабженном насадкой, можно более длительное время (до 6 мес.) использовать загрязненный аэрозолем фильтрующий элемент, снижая расход удаления воздуха за счет повышения его аэродинамического сопротивления с 1500 до 300 м³/ч.

С помощью данной насадки вследствие повышения эффективности улавливания сварочного аэрозоля можно увеличить расстояние от воздухоприемного устройства до сварочной дуги до 50 см при горизонтальном (боковом) его расположении.

Для улучшения освещенности зоны сварки в воздухозаборной части воздуховода установлен галогенный светильник. Направляя луч света в точку сварки, сварщик автоматически устанавливает воздухозаборное сопло в положение, которое обеспечивает наиболее эффективное улавливание сварочного аэрозоля из этой точки.

Техническая характеристика:

Производительность удаления воздуха, м ³ /ч.	1500–300
Разрежение на входе в воздуховод, Па	2500
Степень очистки воздуха, %.	98
Потребляемая мощность, кВт.	2,2
Напряжение питания ФВА (трехфазное), В	380
Напряжение питания вихревой насадки (постоянный ток), В	24
Сила тока в электрической сети насадки, мА	500
Площадь рабочей поверхности фильтрующего элемента, м ²	10
Радиус обслуживания, м, не более.	3,0
Габаритные размеры ФВА (без воздуховода и колес), мм	820×650×650
Габаритные размеры вихревой насадки, мм.	120×90
Масса ФВА, кг, не более	65
Масса вихревой насадки, кг	0,6

● #343

ФВА «Шмель-1500» с вихревым улавливающим устройством





В. П. Никитин — создатель электросварочных источников питания, педагог, государственный деятель



Имя Василия Петровича Никитина, крупного ученого, инженера, педагога и изобретателя неразрывно связано с развитием отечественного электромашиностроения, в особенности машин и трансформаторов для дуговой сварки, а также с развитием сварочной техники. В связи со 110-летием со дня рождения редакция предлагает вниманию читателей воспоминания академика К. К. Хренова о Василии Петровиче, опубликованные в марте 1963 г.

В. П. Никитин родился 14 августа 1893 г. в Петербурге. По окончании среднего технического училища поступил в Петербургский политехнический институт, электромеханический факультет которого закончил в 1914 г., получив звание инженера-электрика. Еще в 1912 г. Василий Петрович начал практическую деятельность в электротехническом бюро Балтийского судостроительного завода, и до 1918 г. работал конструктором по электрооборудованию линейных кораблей и подводных лодок.

С 1914 г. Никитин увлекается электротехникой и с начала 20-х годов работает на заводе «Электрик», где под его руководством проектируют и строят первые образцы специального электрооборудования для различных целей. Здесь положено начало производству электросварочного оборудования и тем самым открыта возможность широкого применения электросварки в нашей стране. Было начато производство генераторов «СМ» и трансформаторов «СТ» для дуговой сварки.

В 1925–1929 гг. В. П. Никитин — профессор Горного института в Днепропетровске. В 1929 г. он переезжает в Москву, где начинается самый интенсивный и плодотворный период его деятельности. Никитин организует сварочную лабораторию в НИИ НКПС, в которой выполняет ряд исследований, редактирует 10 сборников научно-исследовательских работ. В 1929–1933 гг. он заведующий кафедрой электротехники Московской горной академии, затем Института стали. В то же время он организует автогенно-сварочный учебный комбинат, где преподает и, уже будучи профессором, является и заместителем директора. Когда автогенно-сварочный институт вливается в Московский механико-машиностроительный институт им. Н. Э. Баумана, Василий Петрович становится деканом сварочного факультета и продолжает педагогическую деятельность.

В 1937 г. Василий Петрович Никитин защитил докторскую диссертацию, в 1938–

1939 гг. он директор МММИ им. Н. Э. Баумана. Связь с этим вузом он сохранил на всю жизнь.

В 1939 г. В. П. Никитин избран действительным членом АН СССР. Начинается период его интенсивной деятельности в Академии наук СССР. В 1939 и 1947 гг. его дважды избирают членом Президиума Академии, в 1939–1942 гг. он работает академиком-секретарем Отделения технических наук.

В 1941 г. Никитин организует в академии секцию электросварки и электротермии и остается ее бессменным руководителем. Как член Президиума АН СССР, Василий Петрович уделял много внимания организации новых республиканских академий наук, в связи с чем в 1953 г. был избран почетным академиком Академии наук Туркменской ССР.

С 1939 по 1943 гг. он ведет большую государственную работу в качестве члена Госплана СССР, председателя Совета научно-технической экспертизы и затем заместителя председателя Госплана СССР. Одновременно ведет значительную общественную работу как председатель Всесоюзного Совета научно-технических обществ.

В. П. Никитин всегда уделял большое внимание педагогической работе. С 1919 г. он работал в высшей школе, в Днепропетровском горном институте, заведую кафедрой электротехники. В этом институте он создал курсы по электросварке, электрическим машинам, электроприводам. Особенно много сделал Никитин для подготовки специалистов по сварке — техников и инженеров-сварщиков — за московский период своей деятельности. Вокруг Василия Петровича всегда группировались аспиранты и молодые ученые, под его научным руководством выросло немало докторов и кандидатов наук.

Василий Петрович оставил около 150 опубликованных работ и изобретений. Наибольшее их количество относится к вопросам дуговой электросварки, наплавки жидкими присадочными материалами и основам проектирования источников питания. Многие его исследования остаются актуальными до настоящего времени. Итоги многолетних разработок В. П. Никитина по теории сварочных машин и трансформаторов обобщены в капитальных монографиях. Исследования В. П. Никитина по электросварочному оборудованию имеют серьезное значение и для развития общих вопросов электромеханики, проблем электропривода и различных специальных электрических машин. Большое значение имеют его работы по динамике электромашиных систем и методам расчета систем электроприводов с электромашиными усилителями.

Заслуживают упоминания исследования и научно-популярные работы Василия Петровича по истории отечественной науки, электросварки и электротехники, являющиеся серьезным вкладом в историю науки и техники.

Деятельность В. П. Никитина была высоко оценена правительством. Он был награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знамени.

Василий Петрович скончался 16 марта 1956 г., не использовав всех своих потенциальных возможностей и не успев закончить намеченные исследования и внедрить изобретения.

В. П. Никитин достойно прожил жизнь и прошел славный трудовой путь от слесаря железнодорожных мастерских до академика, члена Президиума Академии Наук СССР, заместителя председателя Госплана СССР. Всю свою жизнь, блестящие способности, исключительную трудоспособность он посвятил служению народу, развитию советской науки и техники, подготовке научных работников и инженеров.



Мифология кузнечно-сварочного производства

С. П. Рагунович, *Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)*

Получение кричного железа, основанное на применении технологии кузнечной сварки и порошковой металлургии, освоено человечеством еще в VIII–VI тысячелетии до н. э. Кузнечная, литейная сварка и пайка являлись основными технологическими процессами соединения металлов, а сварка выделилась в самостоятельное производство лишь в конце XIX — начале XX в. после открытий и изобретений русскими учеными В. В. Петровым в 1802 г. — явления дугового электрического разряда, Н. Н. Бенардосом в 1882 г. — электродуговой сварки неплавящимся угольным электродом и Н. Г. Славяновым в 1888 г. — электродуговой сварки плавящимся электродом. Поэтому мифология сварочного производства непосредственно связана с мифологией кузнечного производства и имеет общий пантеон языческих богов и героев.

Формирование народности на территории будущей Руси связано с великим переселением народов в первом тысячелетии н. э., захватническими военными походами, ассимиляцией с местным населением. Экономический подъем и становление Руси как государства определили, прежде всего, географическое положение, развитие торговли между Центральной Европой и Востоком через камскую Булгарию (торговый путь через Брест—Смоленск), Скандинавией и Византией (торговый путь «из варяг в греки»). Пересечение основных торговых путей способствовало также и культурному развитию. В результате в мифологии Руси тесно переплелись языческие боги и герои как северных, балтийских, скандинавских, восточных угро-финских, камских болгар, так и южных хазаров, печенегов и других народностей. При этом существенное влияние оказывала религия стран Средиземноморья, Ирана, Индии.

В зависимости от значимости кузнечно-сварочного производства в экономике различных племенных союзов Руси былинный эпос по-разному относился к обработке металла. Если на юге и востоке Руси важнейшую роль в жизнеобеспечении играло земледелие, то и сказочные, и былинные герои, например Илья Муромец, — выходцы из крестьянских семей, тогда как в эпосе Центральной зоны Руси и особенно Севера герои непосредственно либо сами связаны с кузнечным делом, либо они сыновья кузнецов. Более архаичными прототипами наиболее любимого в народе сказочного богатыря Ильи Муромца, по мнению В. Н. Демина, является северный коваль Ильмаринен кольско-финского эпоса, выковавший небесный свод, месяц, плуг и меч, а также герой белорусского эпоса — Ильюшка. У коваля и ковалихи рождается могучий, но «безногий» сын Ильюшка. Получив чудесным образом излечение, он подобно хтоническим богатырям типа Горыни, Дубыни, Усыни вырывает с корнем дубы, запружает реку (варианты Дунай, Десна), грозя затопить весь мир. Просит у бога дать ему столб до неба, чтобы он мог перевернуть землю «вверх ногами». Избавившись от хтонических черт, он

берет изготовленную для него отцом булаву, побеждает змея и женится на дочери короля (по другой версии единоборствуя со змеем, превращается в камень). После смерти Ильюшка становится святым Ильей, который «заведует» громовой тучей. В этом образе Ильюшка контаминируется с Ильей-пророком как вариант Громовержца.

В одной из древних сказок «Семь Симеонов» старший из сыновей-близнецов был кузнецом. На вопрос царя, кто к какому мастерству способен, он отвечал, что может сковать железный столб в двадцать саженей вышиной. Поднять и установить его в землю мог лишь второй брат-близнец. Таким образом, кузнец в сказке сильнее богатыря.

Украинский эпос связывает происхождение Днепра с божьим ковалем. Кузнец победил змея, обложившего страну поборами, впряг его в плуг и вспахал землю; из борозд возникли Днепр, Днепровские пороги и валы вдоль Днепра (змиевые валы). При этом существует мнение, что имя легендарного Кия (основателя города Киева) происходит от kuj — обозначения божественного кузнеца, соратника громовержца в его поединке со змеем.

Асилки, чтимые в Белоруссии как богатыри, славились, по мнению А. И. Асова, не только своей силою, но и мудростью. Они учили людей ремеслам, земледелию, кузнечному делу. В стародавние времена шел по Белой Святой Руси великан-богатырь (асилок). Видит, лежит на берегу моря бел-горюч камень — Алатырь. И было в том «солнечном» камне заключено счастье человеческое. Что есть силы ударил асилок по камню волшебным молотом и добыл для людей счастье.

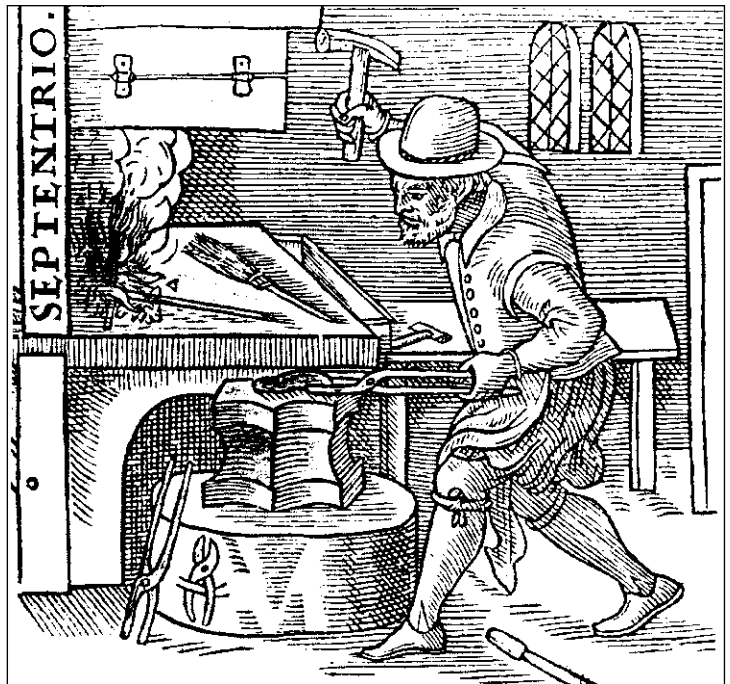
В христианстве первыми ковалями плуга почитали святых Бориса и Глеба. В других преданиях первый плуг выковал Кузьма-Демьян — божий коваль. Он ухватил змея клещами за язык, впряг в плуг и пропахал землю от моря до моря. Чудовище вышло половину моря и лопнуло. А Асов, ссылаясь на Белорусский сборник Е. Р. Ромонова (Вып. 4, Киев, 1885 г., стр. 17), описывает волшебную кузницу, раскинувшуюся на двенадцать верст, у нее двенадцать дверей по числу знаков зодиака, упоминает двенадцать молотобойцев-помощников. Они куют меч, плуг,

чашу. И даже былинный герой Кожемяка — и тот в легенде выступает как кузнец.

Наиболее древний и сильный былинный герой Святогор также является, по мнению В. Н. Демина, сыном кузнеца. Знакомя Илью Муромца со своим отцом, слепым исполином, Святогор советует крестному брату протянуть отцу не руку, а раскаленный кусок железа, а раскалить кусок железа возможно только в кузнице. Мифологическая судьба северного богатыря Святогора постоянно пересекается с кузницами. Когда Святогор захотел узнать свою судьбу, Микула Селянинович подсказал ему обратиться к кузнецу-провидцу, что кует два тонких волоса и знает про судьбу каждого. Микула также подсказывает Святогору, что несмотря на исполинскую силу Святогор не годится для тяжелого крестьянского труда, а годится только для кузнечной работы.

Мастеров кузнечного и ювелирного дела наделяли не только особыми знаниями, но и чародейством. Их порой считали колдунами, а выкованные и отлитые ими предметы наделяли особой магической силой. По поверьям, кузнецы могли сделать не только волшебную вещь, но и сковать судьбу человека по своему желанию. Верили в способность кузнецов лечить от всяких болезней, они могли отгонять нечистую силу, по некоторым легендам, оживить мертвого. В древней русской сказке «Лихо одноглазое» просит Лихо у кузнеца: «Скуй мне глаз». Тогда нашел кузнец в избе железный шкворень, разжег его в печи добела, поставил Лиху на самый глаз, на здоровый, да как ударит по шкворню молотом — так глаз только зашипел. Кузнецов называли вещунами, предсказателями судеб, оракулами. Самих кузнецов причисляли к зажиточному сословию ремесленников. В «Житии протопопа Аввакума», опубликованном в 1672–1673 гг., сказано: «Отец ея был кузнец, именем Марко, богат гораздо».

Распространение изделий кузнечного производства зачастую не вызывало положительных эмоций у соседних народов. В эстонском эпосе пахотой, кузнечным, сапожным и другими ремеслами занимались злые, глупые великаны — Вапагоны. Они устраивали свадьбы, крестины, иногда приглашали в гости людей и одаривали их дарами. Дары Вапагонов — горящие уголья: если положить их в передник, превращались в золото, но счастья в семью такое богатство не приносило. В ненецких мифах рассказывается, как герои побеждают черного идола, ковавшего оружие за железным лесом далеко



на юге и укравшего у ненцев волшебных быков (быки олицетворяли символы тепла и солнца).

К наиболее знакомым языческим божествам восточных славян относится и Мороз-богатырь — кузнец, который сковывает воду «железными» морозами-калинниками (по народной этимологии связанными со словом «калить»).

У литовских племен покровителем кузнечного дела считался бог Перкунас, у латышей — Перкуна. В балтийской мифологии это, прежде всего, как и славянский Перун — боги грома, моря и дождя. Однако Перкунас выступает и как творец оружия — каменный кузнец.

Покровителем белорусских племен был огненный бог Жыжаль. Бог огня Жыжаль в подземной кузнице ковал оружие. Он работал так усердно, что земля перегревалась, наступала сушь, загорались леса и торфяные болота. А когда он выходил из кузницы на землю, Перун начинал кидать в него молнии.

Десять веков христианизации практически полностью вытравили имена старых языческих богов.

И все же еще в конце прошлого века на юге России отмечались Зворожины (Сварожины) — совместная трапеза во круг специально вырытого овального рва, с поминанием предков и прославлением за чашей с хмельным медом давно забытого Бога Сварога: «Щоб добра була Зворожина!». Обряд предполагал избрание ведуньи — ворожьей Бабы, которая гадала всем желающим, предсказывала будущее и рассказывала детям сказку про волшебный языческий рай Ирий.

Наличие широкого пантеона богов и былинного эпоса в языческой Руси, связанных с кузнечно-сварочным производством, показывает его значимость в экономике становления феодального государства. Непосредственное отношение к кузнечно-сварочному производству имеют на юге Руси Кузьма-Демьян, функции которого перешли к христианским святым Борису и Глебу, на севере Руси Мороз, у белорусских племен огненный бог Жижаль, у литовских племен — Диевеп (Дивп), Телевель, у латышей — Кальвис.

Заместителю главного редактора журнала «Сварщик» Борису Владимировичу ЮРЛОВУ — 50



50

6 июля 2003 г. исполняется 50 лет заместителю главного редактора журнала «Сварщик» **Борису Владимировичу ЮРЛОВУ**.

Борис Владимирович — выпускник сварочного факультета Киевского политехнического института. С 1976 г. работал в одном из крупнейших научных отделов Института электросварки им. Е. О. Патона, где прошел путь от инженера до старшего научного сотрудника. Его научная деятельность была посвящена решению важных народнохозяйственных задач, а именно разработке принципов создания сварочных электродов применительно к производству металлоконструкций железнодорожного транспорта и буровых платформ. Результаты успешной работы были обобщены им в кандидатской диссертации и в более 40 печатных трудах и изобретениях.

С 1998 г. Борис Владимирович работает в ГВП «Экотехнология», входящем в НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона». Приобретенные качества ученого, большой практический опыт и знание реальных потребностей сварочного производства привели его к идее возобновления периодического издания для практиков-сварщиков, а таковым в 30-е годы XX века являлся журнал «Сварщик». Объединив единомышленников, он успешно реализовал задуманное дело. Здесь раскрылся его талант организатора и руководителя.

И вот уже журнал отметил свое пятилетие. За эти годы благодаря активным усилиям Бориса Владимировича журнал приобрел теперь уже хорошо узнаваемое лицо, у него появились постоянные авторы. С каждым годом расширяется география подписчиков. Журнал вносит достойный вклад в дело возрождения сварочного производства отечественной промышленности, за что отмечен в 2003 г. Почетной Грамотой Кабинета Министров Украины.

За последние годы Борис Владимирович стал высококвалифицированным специалистом в области информационных систем и трансфера технологий. Его идеи развития информационной инфраструктуры в области сварки находят поддержку у специалистов и увлекают коллег своей оригинальностью и новизной. Он активно ведет международное сотрудничество: выполнял совместный проект ПРООН «Обмен технологической информацией в Украине для поддержки экономических преобразо-

ваний», будучи его национальным координатором; организовал Центр трансфера технологий в системе ЮНИДО.

Борис Владимирович много сил отдает организации международных и национальных выставок и семинаров в области сварки, являющихся важнейшим элементом обмена технологической информацией. В Совете Общества сварщиков Украины он возглавляет информационно-издательское подразделение. Большой заслугой Бориса Владимировича является издание практической технической и справочной литературы, пользующейся большим спросом у специалистов промышленности.

Активизация потенциала отечественной сварочной науки и технологий требует решения самых разноплановых технических проблем. Поэтому не перечислить всех направлений многогранной деятельности Бориса Владимировича. Можно лишь отметить, что везде достигаются положительные конкретные результаты.

Государственный комитет информационной политики, телевидения и радиовещания Украины наградил его Почетной Грамотой за значительный вклад в развитие отрасли.

В 2003 г. Б. В. Юрлов получил квалификацию международного инженера-сварщика.

Пусть сознание того, что Вас искренне уважают и любят все, кто работал и продолжает работать с Вами, приносит Вам, дорогой юбиляр, всегда хорошее настроение, творческое вдохновение, счастье и благополучие! Сердечно поздравляем со славным юбилеем!

Редакционный совет, редколлегия и редакция журнала «Сварщик», Совет Общества сварщиков Украины, Научно-технический комплекс «Институт электросварки им. Е. О. Патона» НАН Украины, Государственное внедренческое предприятие «Экотехнология»

Юбилей Татьяны Николаевны МИШИНОЙ



1 июля 2003 г. — юбилейный день рождения ответственного секретаря журнала «Сварщик» — **Татьяны Николаевны МИШИНОЙ**.

Татьяна Николаевна является ярким воплощением и примером деловой женщины: многогранной, гармоничной и всегда полной сил, созидательной творческой энергии.

Выпускница Киевского политехнического института, Татьяна Николаевна работала в Институте электросварки им. Е. О. Патона инженером, затем главным инженером крупного научного отдела. Придя работать в журнал в 1998 г., она с присущей ей ответственностью включилась в процесс становления нового журнала. Как высококвалифицированный и требовательный специалист, Татьяна Нико-

лаевна много делает для совершенствования и популяризации журнала.

Татьяна Николаевна — очаровательная женщина, обаятельная, чуткая и внимательная, умеющая всегда создать вокруг себя атмосферу и активной работы, и хорошего настроения. В коллективе редакции журнала Татьяна Николаевна является источником воодушевления и жизнерадостности.

Желаем Вам, дорогая наша Татьяна Николаевна, доброго здоровья, счастья и творческого настроения!

Редколлегия и редакция журнала «Сварщик», Совет Общества сварщиков Украины, Внедренческое предприятие «Экотехнология»

Тарифы на рекламу

СТОИМОСТЬ блочной рекламы на внутренних страницах

Площадь	Размер, мм (гориз.-вертик.)	Цена			
		Гривни*		Евро**	
		Черно-белая	Цветная	Черно-белая	Цветная
1 полоса	180×254	1440	2160	480	720
1/2 полосы	180×125	800	1200	280	400
1/4 полосы	88×125	480	720	160	240
1/8 полосы	88×60	300	450	95	140

СТОИМОСТЬ рекламы на обложках

Страницы	Размер, мм	Цена	
		Гривни*	Евро**
Первая	Не продается	—	—
Последняя	205×285	3840	1440
Другие	205×285	2880	960

СТОИМОСТЬ размещения строчных позиций в «Торговом ряду» (цены с НДС и ННР)

Количество позиций	Цена	
	Гривни*	Евро**
• От 1 до 5	60	20
• От 6 до 10	100	35
• За каждые последующие 5	40	15

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

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

СТОИМОСТЬ изготовления оригинал-макета – 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы – 50% стоимости рекламной площади

СКИДКИ на размещение рекламы при единовременной оплате

Количество подач	2	3	4	5	6 и более
• Скидка	5%	10%	15%	20%	25%

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»:

формат журнала после обрезки 205×285 мм; до обрезки 215×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 12 мм.

Черно-белые: TIF grayscale не менее 300 dpi для фото-изображений, EPS Illustrator for PC от 5 версии, include placed images (EPS-файлы placed images отдельно, текст в кривых), или CorelDraw 9 – 10, текст в кривых.

Цветные: TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC от 5 версии, include placed images (EPS-файлы placed images отдельно — EPS CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9 – 10, текст в кривых.

Сопроводительные материалы: распечатка файла обязательна, для цветных макетов — цветная, с названием файла и точными размерами макета. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.

Носители: дискиеты 3.5" — 2 копии файла или архива, или ZIP, или CD-ROM.

Сервисная карточка читателя

Без заполненного формуляра недействительна

Для получения дополнительной информации

о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

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

260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271
272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283
284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295
296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307
308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331
332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343
344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355

Заполняется печатными буквами

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2003 г.

_____ *ПОДПИСЬ*

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция/оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел маркетинга/рекламы (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел сбыта/снабжения (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на специализированную литературу
издательства «Экотехнология»

Прошу выслать мне почтой следующие книги:

Название	Кол-во	Цена
книги	экз.	(грн.)
Современные средства защиты сварщиков	_____	12
Плазменная резка конструкционных сталей	_____	12
Вибрационная обработка сварных конструкций	_____	12
Плазменное упрочнение и напыление	_____	12
Механизированная электродуговая наплавка деталей металлургического оборудования	_____	12
Термическая обработка сварных соединений	_____	20
Русско-украинский и украинско-русский словарь сварочной терминологии	_____	30
Оборудование для сварки, наплавки, плазменного упрочнения и напыления. Каталог-справочник	_____	35
Вчені і фахівці України в галузі зварювання і споріднених технологій. Довідник	_____	18

Книги прошу выслать по адресу:

Куда
почтовый индекс

.....
.....

Кому
.....

Счет на оплату прошу выслать по факсу:
(.....)

Фамилия, И. О. лица, заполнившего талон:
.....

Контактный телефон для оперативной связи:
(.....)

Заполните этот талон и вышлите в редакцию
журнала «Сварщик» по факсу: (044) 227-6502.

Цены на книги указаны без учета стоимости доставки.



Современные средства
защиты сварщиков.
*О. Г. Левченко,
В. А. Метлицкий*

12 грн.



Плазменная резка
конструкционных сталей.
Г. И. Лащенко

12 грн.



Вибрационная обработка
сварных конструкций.
Г. И. Лащенко

12 грн.



Плазменное упрочнение
и напыление.
Г. И. Лащенко

12 грн.



Механизированная электро-
дуговая наплавка деталей метал-
лургического оборудования.
И. А. Рябцев, И. А. Кондратьев

12 грн.



Термическая обработка
сварных соединений.
П. М. Корольков

20 грн.



Русско-украинский
и украинско-русский
словарь сварочной
терминологии

30 грн.



Оборудование для сварки,
наплавки, плазменного
упрочнения и напыления.
Каталог-справочник

35 грн.



Вчені і фахівці України в галузі
зварювання і споріднених
технологій. Довідник

18 грн.