



5 (33) 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

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

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

Издатель: ГВП «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают:



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

Главный редактор К. А. Ющенко

Зам. главного редактора Б. В. Юрлов

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

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, Т. В. Гегельский

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 08.10.2003. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная №1.

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

Зак. № 08/10 от 08 октября 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

Информационно-технический журнал

Сварщик

Технологии
Производство
Сервис

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологии 3

«Сварщик» в Беларуси

- Восстановление деталей сельскохозяйственных машин с помощью электронно-лучевой сварки.
И. Л. Поболь, И. Г. Олешук, М. К. Степанкова 5
- Изготовление режущего инструмента с помощью лазерной сварки.
С. А. Астапчик, В. С. Голубев, А. Г. Маклаков, В. В. Ваганов 8
- Техничко-экономическая эффективность упрочнения наплавкой рабочих органов почвообрабатывающих орудий.
В. М. Константинов, Ф. И. Пантелеенко, С. Н. Жабуренко, О. Г. Девойно, А. М. Авсиевич 12
- Технология газотермического напыления для защиты оборудования пищевой промышленности. *А. М. Яркович, Н. Н. Петюшев, В. В. Хроленок, А. С. Никитина, Е. Н. Белая 14*

Заготовительное производство

- Плазменная резка с отдельной подачей двух газов.
А. В. Ведерников 16
- Обеспечение точности изготовления сварных конструкций.
Г. И. Лащенко 18

Технологии и оборудование

- Регуляторы расхода (редукторы) углекислого газа.
В. А. Сергиенко, И. И. Гуменшаймер 21
- Технология газодинамического нанесения металлических покрытий. Часть 2. Применение покрытий.
О. Ф. Клюев, А. И. Каширин, А. В. Шкодкин, Т. В. Буздыгар 24
- Разработка композиционных материалов для активных элементов электродов плазмотронов. *А. Н. Шаповал 28*

Охрана труда

- Новые разработки средств индивидуальной защиты сварщиков.
О. В. Гречаный 33

Наши консультации 34

Сертификация и качество

- Подтверждение соответствия технологических процессов сварки ответственных металлоконструкций требованиям ДСТУ 3951.
Ю. К. Бондаренко, С. Л. Жданов, В. М. Илюшенко, З. Я. Горнинова 38

Юбилей

- Семену Яковлевичу Шехтеру — 80 лет. 41

Из истории сварки

- 50 лет цельносварному мосту им. Е. О. Патона. *А. Н. Корниченко 42*

Конференции и семинары

- Седьмая международная конференция «Электронно-лучевые технологии». *А. А. Кайдалов 45*

Выставки

- Неразрушающий контроль и техническая диагностика — отрасль XXI века. Выставка NDT Russia-2004. *Г. Бельский 70*

2003

сентябрь-октябрь



Новини техніки і технології	3
«Зварник» в Беларусі	
○ Відновлення деталей сільськогосподарських машин за допомогою електронно-променевого зварювання. <i>І. Л. Поболь, І. Г. Олешук, М. К. Степанкова</i>	5
○ Виготовлення інструмента, що ріже, за допомогою лазерного зварювання. <i>С. А. Астапчик, В. С. Голубев, А. Г. Маклаков, В. В. Ваганов</i>	8
○ Техніко-економічна ефективність зміцнення наплавлянням робочих органів ґрунтообробних знарядь. <i>В. М. Константинов, Ф. І. Пантелеєнко, С. Н. Жабуренко, О. Г. Девойно, А. М. Авсієвич</i>	12
○ Технологія газотермічного напилювання для захисту устаткування харчової промисловості. <i>А. М. Яркович, Н. Н. Петюшев, В. В. Хроленок, А. С. Нікітіна, Е. Н. Біла</i>	14
Заготівельне виробництво	
○ Плазмове різання з роздільною подачею двох газів. <i>А. В. Ведерников</i>	16
○ Забезпечення точності виготовлення зварних конструкцій. <i>Г. І. Лашченко</i>	18
Технології і устаткування	
○ Регулятори витрати (редуктори) вуглекислого газу. <i>В. А. Сергієнко, І. І. Гумешаймер</i>	21
○ Технологія газодинамічного нанесення металевих покриттів. Частина 2. Застосування покриттів. <i>О. Ф. Кловв, А. І. Каширін, А. В. Шкодкін, Т. В. Буздыгар</i>	24
○ Розробка композиційних матеріалів для активних елементів електродів плазмотронів. <i>А. Н. Шаповал</i>	28
Охорона праці	
○ Нові розробки засобів індивідуального захисту зварників. <i>О. В. Гречаний</i>	33
Наші консультації	34
Сертифікація і якість	
○ Підтвердження відповідності технологічних процесів зварювання відповідальних металоконструкцій вимогам ДСТУ 3951. <i>Ю. К. Бондаренко, С. Л. Жданов, В. М. Ілюшенко, З. Я. Горінова</i>	38
Ювілеї	
○ Семену Яковичу Шехтеру — 80 років	41
З історії зварювання	
○ 50 років суцільнозварному мостові ім. Є. О. Патона. <i>О. М. Корнієнко</i>	42
Конференції і семінари	
○ Сьома міжнародна конференція «Електронно-променеві технології». <i>А. А. Кайдалов</i>	45
Виставки	
○ Неруйнівний контроль і технічна діагностика — галузь XXI століття. Виставка NDT Russia—2004. <i>Г. Бельський</i>	70
CONTENTS	
News of technique and technologies	3
«Welder» on Belarus	
○ Renovation of agriculture machines with electron-beam welding. <i>I.L. Pobol, I.G. Oleshuk, M.K. Stepankova</i>	5
○ Manufacturing of cutting instrument with laser welding. <i>S.A. Astapchik, V.S. Golubev, A.G. Maklakov, V.V. Vaganov</i>	8
○ Technical-economy efficiency of deposition strengthening of cultivation machines labor bodies. <i>V.M. Konstantinov, F.I. Panteleenko, S.N. Zhaburenok, O.G. Devojno, A.M. Avsievich</i>	12
○ Technology of gas-thermal spaying for food industry equipment shielding. <i>A.M. Yarkovich, N.N. Petushev, V.V. Hrolenok, A.S. Nikitina, E.N. Belaya</i>	14
Preparation production	
○ Plasma cutting with separate delivered two gases. <i>A.V. Vedernikov</i>	16
○ Provision of welded constructions manufacturing sharpness. <i>G.I. Lashchenko</i>	18
Technologies and equipment	
○ CO ₂ flow regulators and reducers. <i>V.A. Sergienko, I.I. Gumeshajmer</i>	21
○ Technology of metal coverings gas-dynamic laying. Part 2. Coverings application. <i>O.F. Kluev, A.I. Kashirin, A.V. Shkodkin, T.V. Buzdygar</i>	24
○ Development of composite materials for plasmatron active elements. <i>A.N. Shapoval</i>	28
Labor protection	
○ New developments in welders individual security facilities. <i>O.V. Grechany</i>	33
Our consultations	34
Certification and quality	
○ Confirmation of correspondence of welding technology processes of load-bearing metal constructions to demands of DSTU 3951. <i>U.K. Bondarenko, S.L. Zhdanov, V.M. Illushenko, Z.Ya. Gorinova</i>	38
Jubilees	
○ 80 th anniversary of Semen Shehter	41
From history of welding	
○ 50 th anniversary of the Paton Bridge in Kyiv. <i>A.N. Kormienko</i>	42
Conferences and seminars	
○ 7 th international conference «Electron-Beam Technologies». <i>A.A. Kaydalov</i>	45
Exhibitions	
○ Non-ruining control and technical diagnostics as XX th age industry. The exhibition «NDT Russia—2004». <i>G. Belskiy</i>	70

Технології
Виробництво
Сервіс



5 (33) 2003

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

Журнал нагороджений Почесною грамотою і
Пам'ятним знаком Кабінету Міністрів України

Свідоцтво про реєстрацію KB № 3102 від 09.03.98

Засновники:

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

Видавець:

ДВП «Екотехнологія»

Видання журналу підтримують:

Товариство зварників України,
Національний технічний університет
України «КПІ»
Журнал видається за сприяння
UNIDO



Головний редактор

К. А. Ющенко

Заст. головного редактора

Б. В. Юрлов

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

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,
Б. Ю. Демченко, М. В. Кільчевський

Маркетинг і реклама

Є. Б. Юрлов, Т. В. Гегельський

Верстка

Т. Д. Пашигорова, А. Е. 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 Беларусі

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 Прибалтіці

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

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

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

Підписано до друку 08.10.2003. Формат 60×84 1/8.

Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура

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

Зам. № 08/10 від 08 жовтня 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



Установка АС 307 для автоматической МИГ/МАГ сварки кольцевых швов трубных решеток

Предназначена для сварки труб диаметром 25–100 мм с горизонтально расположенной трубной решеткой толщиной 4–12 мм.

Особенности установки:

- точное направление электродной проволоки на линию соединения благодаря вращению вокруг оси трубы всего тракта подачи проволоки, включая катушку, направляющий канал, механизм подачи и горелку;
- минимальное усилие, прикладываемое сварщиком при перемещении сварочной головки от шва к шву;
- плавное регулирование параметров режима сварки;
- легкая переналадка установки под сварку труб разного диаметра;
- программное управление и диагностика состояния элементов установки с помо-

щью контроллера. Базовая программа обеспечивает: опускание горелки в начало шва, зажигание дуги, перемещение горелки со сварочной скоростью, заварку кратера, подъем горелки и ее возврат на маршевой скорости в исходную точку. В процессе работы установки контролируют положение горелки, давление воздуха в пневмосети и готовность оборудования;

- высокая надежность составных элементов установки;
- низкая стоимость в сравнении с установками аналогичного назначения фирм CLOOS, Fronius и др.

Техническая характеристика:

Обслуживаемая зона, мм ~1000×2000

Привод подъема-опускания головки. Пневматический

Фиксация головки относительно

изделия Цанговым центратором

Сила сварочного тока, А До 300

Диаметр сварочной проволоки, мм 0,8; 1,0

На сайте <http://my.elvisti.com/naokoteh> содержится информация о других специализированных установках для автоматической дуговой сварки продольных и кольцевых швов, а также робототехнологических комплексах для сварки швов сложной формы.

● #366

С. В. Дубовецкий, канд. тех. наук, С. В. Можяев, М. П. Довгошея и др., инженеры, НПФ «НАВКО-ТЕХ»

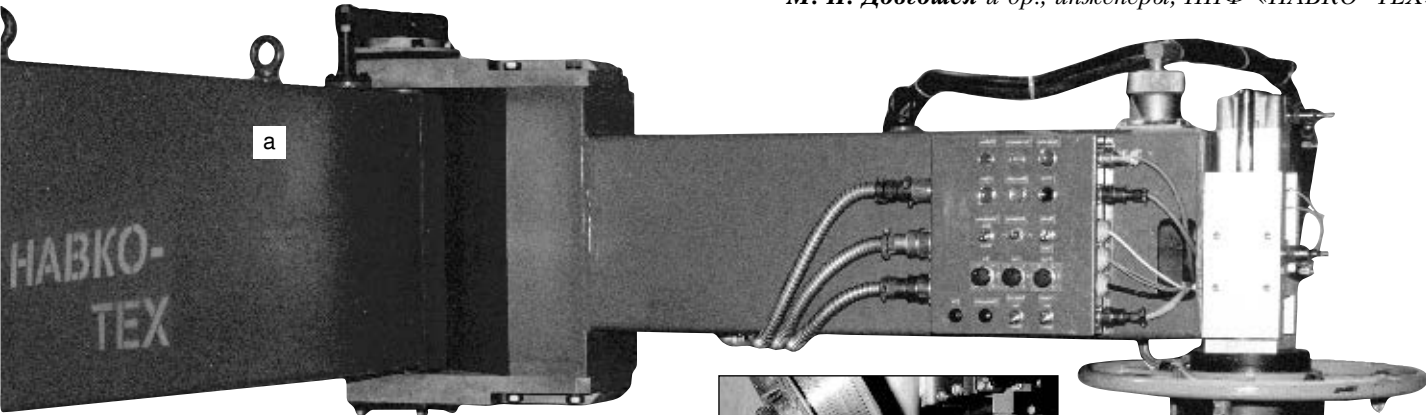


Рис. 1. Внешний вид установки: а — двухзвенный шарнирный манипулятор; б — сварочная головка

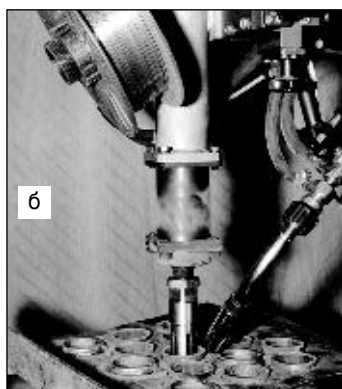
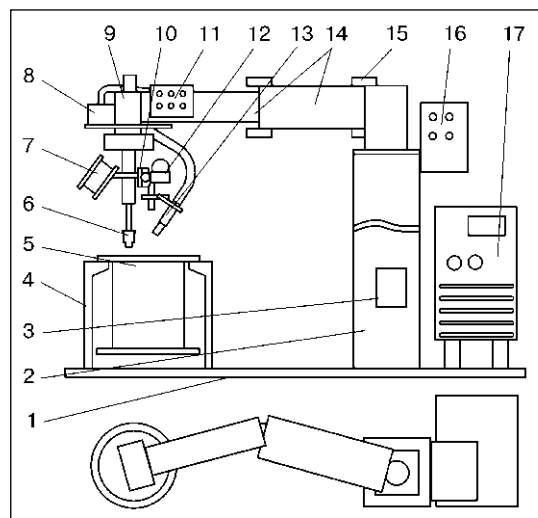
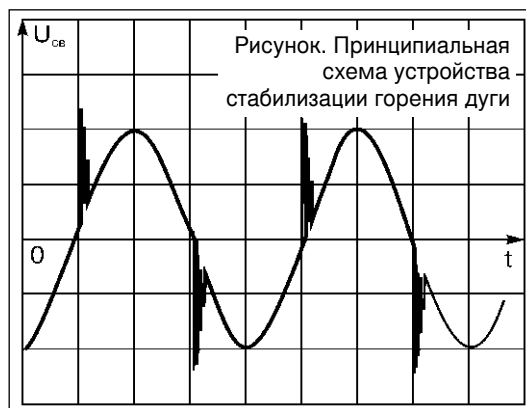


Рис. 2. Схема установки:
 1 — основание; 2 — колонна;
 3 — пневмоаппаратура; 4 — сборочно-сварочное приспособление; 5 — свариваемое изделие; 6 — центратор; 7 — катушка с проволокой; 8 — механизм вращения горелки; 9 — механизм подъема-опускания; 10 — корректор; 11 — пульт дистанционного управления; 12 — механизм подачи проволоки; 13 — горелка; 14 — двухзвенный шарнирный манипулятор; 15 — тормозное устройство; 16 — блок управления; 17 — сварочный источник питания

Устройства стабилизации горения дуги

В различных отраслях промышленности получили широкое распространение источники питания переменным током — сварочные трансформаторы для ручной дуговой сварки. Они проще в изготовлении и эксплуатации, легче, надежнее, долговечнее и дешевле выпрямителей с аналогичными параметрами.

Основной их недостаток — циклическое прерывание горения дуги, вызванное периодическими переходами сварочного тока через нулевые значения при смене полярности на электроде и изделии. Для его устранения используют разработанные в ИЭС им. Е. О. Патона и серийно выпускаемые ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона устройства стабилизации горения дуги (СГД), позволяющие выполнять ручную дуговую сварку практически любыми электродами как для переменного, так и для постоянного тока (АНО, ОЗЛ, УОНИ и т.д.), а также аргонодуговую сварку любых металлов (алюминий, медь, нержавеющая сталь) в тех случаях, когда допускается начальный поджиг дуги контактным способом. При разработке этих устройств к ним предъявлялись такие же жесткие требования, как и к трансформаторам: экономичность, малые материалоемкость и габариты, высокие долговечность и надежность, универсальность. На *рисунке* показан принцип действия устройства, которое создает узкие пики напряжения в тот момент, когда значение основного напряжения близко к



нулю, тем самым обеспечивая постоянное, без прерывов, горение дуги.

Для подключения СГД пригодны все сварочные трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием любой мощности — от бытовых, рассчитанных на питание от сети 220 В, до мощных сварочных трансформаторов на номинальный ток 500 А, питающихся от сети 380 или 420 В, частотой 50 или 60 Гц. Аналогов СГД в мировой практике пока нет. ● #367

В. А. Тутов, канд. техн. наук,
Опытный завод сварочного оборудования
ИЭС им. Е. О. Патона

Электроды для ручной дуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов

При строительстве и ремонте магистральных нефте- и газопроводов широко применяют ручную дуговую сварку электродами с покрытием основного вида.

Одним из главных требований, предъявляемых к таким электродам, является обеспечение гарантированного провода корня шва и формирование выпуклого обратного валика внутри трубы. Компания «Electrode Works Zika Ltd» (Израиль) предлагает новые электроды марки Z7 для сварки неповоротных стыков труб из низколегированных сталей магистральных и технологических трубопроводов.

Электроды Z7 (типа Э50 А по ГОСТ 9467–75, E 7016 по AWS 5.1) предназначены для сварки постоянным или переменным (от трансформатора с напряжением холостого хода не менее 70 В) токами корневого слоя шва неповоротных стыков труб из сталей прочностных классов до K60 включительно, а также заполняющих и облицовочных слоев шва неповоротных стыков труб из сталей прочностных классов до K54 включительно.

Типичный химический состав металла наплавленного электродами марки Z7 (% масс.): углерод — 0,07, марганец — 1,0, кремний — 0,60, сера — 0,010, фосфор — 0,015.

Электроды обладают отличными сварочно-технологическими свойствами:

- стабильным горением дуги;
- малым разбрызгиванием электродного металла;

- легкой отделимостью шлаковой корки;
- мелкой чешуйчатостью шва;
- высокой стойкостью металла шва к образованию пор.

Типичные механические свойства металла шва:

Временное сопротивление разрыву, МПа	570
Предел текучести, МПа	490
Относительное удлинение, %	26
Ударная вязкость, Дж/см ² по Шарпу при t=–30 °С	98

На основании положительных результатов аттестационных испытаний в ОАО «ВНИИСТ» (Москва) электроды марки Z7 рекомендованы для сварки и ремонта корневого и заполняющих слоев шва неповоротных стыков труб и включены в перечень разрешенных к применению электродов РД 153–006–02.

Опыт применения электродов при строительстве и ремонте нефте- и газопроводов в России показал, что электроды Z7 по ряду технологических показателей превосходят известные электроды зарубежных фирм. ● #368

Пресс-служба компании «Zika Ltd»



Восстановление деталей сельскохозяйственных машин с помощью электронно-лучевой сварки

И. Л. Поболь, И. Г. Олешук, М. К. Степанкова, кандидаты техн. наук, Физико-технический институт НАН Беларуси (Минск)

Многие детали сельскохозяйственных машин (звездочки, диски, ступицы, корпуса и т. д.) изготавливают из конструкционных сталей и чугунов. Значительное количество деталей и узлов выходит из строя в результате изнашивания слоя материала (составляющего не более 1% массы деталей) вблизи рабочих поверхностей. Примером является изнашивание или поломка зубьев фланцевых валов, звездочек, шестерен коробок передач, стартера и т. д. Если учесть, что к моменту списания техники для повторного использования путем восстановления пригодно 65–75% деталей, то восстановление изношенных изделий является важным резервом удовлетворения потребностей народного хозяйства запасными деталями, а также снижения материальных затрат.

Для этих целей эффективным является использование электронно-лучевой сварки. Ее характеризуют большое отношение «глубина/ширина» сварного шва (до 20:1 и выше), недостижимое при других способах сварки; возможность получения швов, прочность которых не уступает прочности основного материала (коэффициент прочности шва 0,9–1,0); малые деформации, во многих случаях не превышающие допусков на механическую обработку. Все это позволяет конструировать детали с большой экономией массы.

Целью работы было проведение металлографических исследований и изучение механических свойств соединений из сталей и чугунов, используемых при изготовлении сельскохозяйственной техники, для выяснения возможностей восстановления изношенных деталей с применением электронно-лучевой сварки.

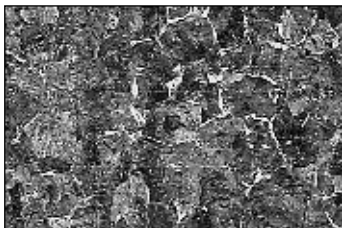


Рис. 1. Микроструктура стали 38ХС в исходном состоянии ($\times 125$)

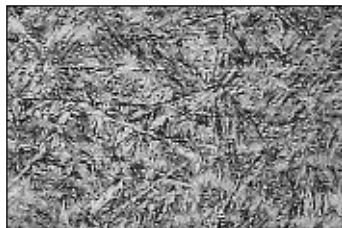


Рис. 2. Микроструктура в центральной части сварного шва на стали 38ХС ($\times 500$)

Изучали конструкционные стали 38ХС и 38ХГН, а также чугун СЧ 20, относящиеся к ограниченно свариваемым при всех способах сварки плавлением. Для проведения исследований и изготовления экспериментальных образцов использовали установку для электронно-лучевой сварки, созданную в ФТИ НАН Беларуси на базе энергоблока ЭЛА-15 производства «СЭЛМИ» (Сумы, Украина). Ускоряющее напряжение 60 кВ, мощность электронного пучка можно регулировать от 0 до 15 кВт.

Выполняли металлографические исследования сварных соединений, измеряли их твердости и микротвердости.

Стали. Микроструктура стали 38ХС в нормализованном состоянии представляет собой смесь мелкопластинчатого и крупнопластинчатого перлита с сеткой феррита (рис. 1). Размер зерна, определенный по ГОСТ 5639–82, соответствует 5-му баллу.

Сталь 38ХС сваривали без предварительного подогрева. Сварной шов глубиной 11,5 мм при средней ширине 5,0 мм имеет микроструктуру отпущенного мартенсита, игольчатость мартенсита сохраняется (рис. 2). В зоне оплавления структура носит дендритный характер, обусловленный ликвацией. Размер зерна соответствует 1–2-му баллам. В корневой части шов имеет микроструктуру высоко отпущенного мартенсита или мелкодисперсного сорбита. Игольчатость мартенсита не сохранилась, так как температура отпуска выше и время больше, чем в центральной части шва.

Зона термического влияния небольшая — до 0,5–0,8 мм. Микроструктура ее такая же, как и в центральной части сварного шва, однако зерно за счет перекристаллизации измельчилось и соответствует 6–7-му баллам. Из-за малых размеров эта зона не оказывает неблагоприятного воздействия на прочностные свойства соединения.

Средняя твердость металла сварного шва (64 HRA_3) выше твердости основного металла (55 HRA_3), что связано с закалкой мате-

риала из жидкого состояния (расплавление и последующая быстрая кристаллизация).

Микротвердость измеряли в сечении, поперечном направлению сварки. Поскольку глубина сварного шва составила более 10 мм, измерения в соответствии с ГОСТ 6996–66 проводили по двум сплошным линиям на расстоянии около 3 мм от головки и корня шва. Значение микротвердости в зоне оплавления (рис. 3) в обоих случаях на 1 ГПа выше, чем в основном металле (2,2 ГПа). Характер распределения H_{\square} как в вершине шва, так и в корне примерно одинаковый.

Сварку стали 38ХГН осуществляли с предварительным подогревом расфокусированным электронным пучком. Глубина

сварного шва составляла 8,5 мм при средней ширине 4 мм. Микроструктура основного металла в нормализованном состоянии представляет собой мелкопластинчатый перлит с сеткой феррита. Размер зерна соответствует 4-му баллу. Сварной шов (рис. 4) по всей глубине имеет дендритную феррито-перлитную структуру (зерна вытянуты в направлении отвода теплоты). В осях дендритов расположен феррит, междендритное пространство заполнено мелкозернистым перлитом. Средняя твердость металла сварного шва составила 58 HRA₃ при твердости основного металла 56 HRA₃.

Зона термического влияния небольшая (до 0,5 мм) и имеет структуру высокоотпущенного основного металла — мелкозернистого перлита с сеткой феррита. Размер зерна не изменился и соответствует 4-му баллу.

Измерения микротвердости в сварном соединении проводили по одной сплошной линии на расстоянии 3,5 мм от головки шва. Обнаружено незначительное увеличение микротвердости в области сварного шва ($H_{\square}=2,5$ ГПа) по сравнению с микротвердостью основного металла ($H_{\square}=2,0$ ГПа). Полученные результаты свидетельствуют о том, что при электронно-лучевой сварке стали 38ХГН с предварительным подогревом закалочные структуры не образуются.

Чугун СЧ 20. Хорошо разработаны процессы дуговой сварки деталей из серых чугунов с использованием специальных электродов, в то время как данные о электронно-лучевой сварке практически отсутствуют. Чугуны характеризуются пониженной свариваемостью, повышенной склонностью к образованию трещин в металле шва и зоне термического влияния, что обусловлено их низкой прочностью и пластичностью, а также образованием в процессе сварки хрупких структур в результате отбеливания.

Проведены металлографические исследования и изучены механические характеристики сварного соединения чугуна СЧ 20, полученного с предварительным подогревом материала расфокусированным электронным пучком. Микроструктура чугуна СЧ 20 в исходном состоянии перлито-ферритная с включениями пластинчатого слабозавихренного графита и вторичного цементита. Распределение графита и феррита неравномерное, имеются скопления.

Сварной шов (глубиной 8,0 мм при средней ширине 3,0 мм) имеет высокодисперсную ледебуритную структуру (рис. 5), которая формируется при больших пере-

Рис. 3. Распределение микротвердости H_{\square} в сварном соединении на стали 38ХС на расстоянии $d=3$ мм от корня шва

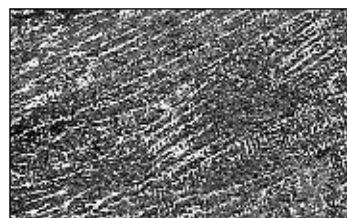
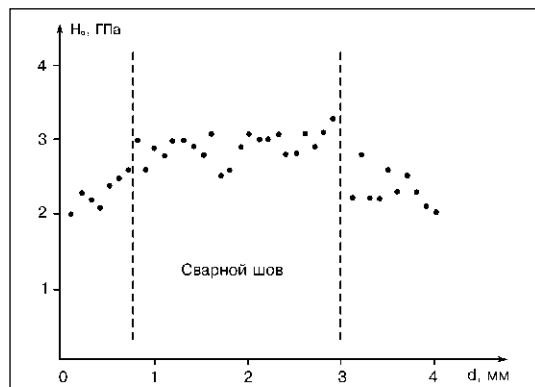


Рис. 4. Микроструктура в центральной части сварного шва на стали 38ХГН ($\times 125$)

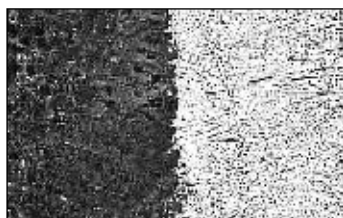
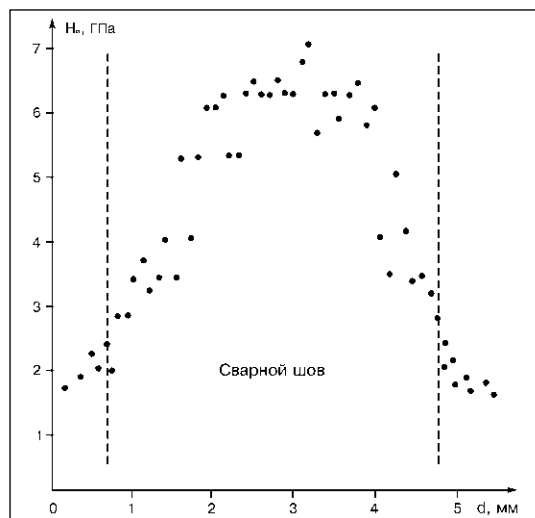
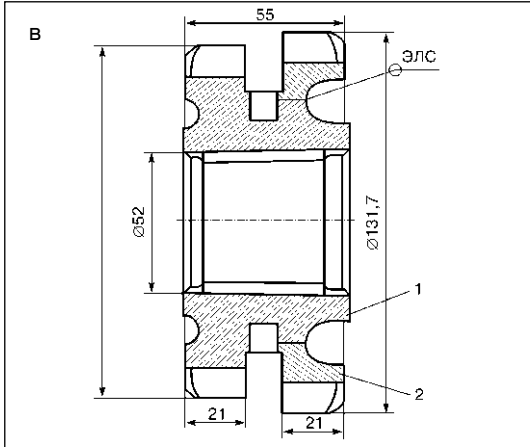


Рис. 5. Микроструктура на границе раздела: зона термического влияния — сварной шов на чугуне СЧ 20 ($\times 125$)

Рис. 6. Изменение микротвердости в сварном соединении чугуна СЧ 20

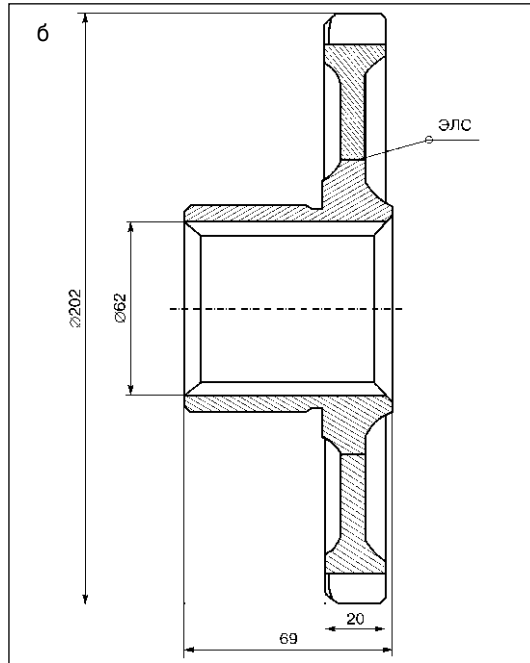




охлаждениях, приводящих к совместному росту кристаллов цементита и аустенита с взаимным прорастанием. Цементитные иглы имеют направленность от центра зоны оплавления к ее краям с небольшими углами разориентации. В сварном шве вблизи зоны сплавления наблюдаются отдельные поры, другие дефекты не обнаружены. Зона термического влияния по ширине достигает 2–3 мм, для нее характерна перлитная структура с включениями пластинчатого графита и вторичного цементита.

На рис. 6 показано изменение микротвердости в сварном соединении чугуна при предварительном подогреве материала до температуры примерно 600 °С. Измерения проводили по одной сплошной линии на расстоянии около 4 мм от головки сварного шва. Видно, что микротвердость в центральной части сварного шва значительно выше (до $H_{\square}=6,5...7,0$ ГПа), чем в основном металле ($H_{\square}=2,0$ ГПа). Вместе с тем, распределение микротвердости по сечению сварного соединения довольно плавное благодаря пониженной скорости самоохлаждения расплавленного материала из-за подогрева, что приводит к снижению в нем остаточных напряжений и опасности появления трещин.

Таким образом, преимуществом применения электронно-лучевой сварки является возможность проведения предварительного подогрева свариваемых деталей без использования дополнительного термического оборудования (зона сварки нагревается расфокусированным электронным пуч-



ком). В результате этого закалочные структуры в сварном шве не образуются, макротрещины и другие дефекты отсутствуют. Испытания различных участков сварных соединений выявили для стали 38ХС увеличение твердости и микротвердости (на 1 ГПа) металла шва по сравнению с твердостью и микротвердостью основного металла. При предварительном подогреве стали 38ХГН в зоне сварного шва не наблюдалось значительного возрастания твердости. Для чугуна СЧ 20 обнаружено увеличение в 3,3 раза микротвердости металла шва, что значительно ниже, чем при сварке без подогрева.

С использованием разработанных технологий электронно-лучевой сварки восстановлены партии валов и шестерен тракторов, комбайнов и автомобилей привариванием новых элементов взамен изношенных. Реставрированные детали успешно эксплуатируют.

На основе проведенных исследований разработаны технологические процессы восстановления шестерен коробки перемены передач 50–1701214 и 50–1701048 тракторов МТЗ–80 и МТЗ–82 путем электронно-лучевой сварки. В этих деталях (рис. 7) в процессе эксплуатации изнашивается зубчатая часть, и для проведения реставрации ее механически удаляют. Затем ступицу 1 и новый элемент с нарезными зубьями 2 сваривают электронным лучом. При этом экономится до 30–50% стали по сравнению с изготовлением шестерни из одной заготовки.

Рис. 7. Восстановление шестерен коробки перемены передач: вид зубьев изношенной шестерни (а), шестерни 50–1701214 (б) и 50–1701048 (в)

Изготовление режущего инструмента с помощью лазерной сварки

С. А. Астапчик, д-р техн. наук, В. С. Голубев, канд. физ.-мат. наук, А. Г. Маклаков, канд. техн. наук, В. В. Ваганов, инж., Физико-технический институт НАН Беларуси (Минск)

Изготовление алмазных сегментных отрезных кругов с использованием лазерного излучения как источника нагрева для сварки или пайки весьма перспективно. Особенно это целесообразно при изготовлении кругов небольшого диаметра (от 115 до 400 мм) с использованием сегментов на никелевой, кобальтовой и железной основах. Это связано с высокой производительностью, экономией серебряного припоя и высокими механическими свойствами сварного соединения. Кроме того, качество алмазного инструмента, изготовленного с использованием финишной операции сварки, как правило, выше, чем при использовании операций стандартной пайки ТВЧ. Нагрев при лазерной сварке алмазного сегмента значительно ниже, что предполагает сохранение свойств алмазов, мелкие частицы которых могут сгорать при обычной пайке ТВЧ и затем выкрашиваться в процессе эксплуатации.

Стандартная пайка ТВЧ твердосплавных зубьев пил для резки древесины иногда является непригодной при наличии твердосплавных расклинивающих и подрезающих вставок в теле пилы. Это связано со значительными поводками корпуса пилы из-за достаточно большой зоны нагрева. Выход здесь также может быть найден с помощью концентрированных источников нагрева, к которым относится лазерный луч. Лазерная сварка или пайка может быть финишной операцией при изготовлении инструмента, поэтому характеристики точности, шероховатости и товарного вида, заложенные конструктором при проектировании инструмента, не должны ухудшаться после проведения данного процесса. Сочетание лазерной сварки с предварительной лазерной вырезкой полотна дискового инструмента целесообразно объединять в общий технологический цикл. Таким образом, приобретение соответствующего лазерного оборудования является выгодным капиталовложением в дальнейшее развитие инструментального производства.

Лазерная сварка алмазных сегментов.

По технологическим признакам способы лазерной сварки делят на две основные группы — с глубоким («кинжальным») проплавлением и со сферическим про-

плавлением. Сварку материала толщиной более 1 мм уже выполняют в режиме глубокого проплавления. При использовании непрерывного лазерного излучения за счет необходимых технологических приемов можно получить узкие глубокие и однопроходные швы при скорости перемещения лазерного луча 30–40 мм/с. Для изготовления сегментных отрезных кругов такой способ сварки является наиболее предпочтительным.

Лазерный луч должен иметь гауссовское распределение мощности в поперечном сечении и одну поперечную моду TEM_{00} . При этом возможна более точная фокусировка лазерного луча, и сварной шов может иметь меньшую ширину. Характерный признак нормального проведения процесса сварки — наличие плазменного факела яркого голубого свечения, сопровождающегося появлением резкого звука.

Металлографический анализ показывает, что в структуре отсутствуют поры, несплавления и прочие дефекты. Темные волнообразные зоны повышенного травления представляют собой интерметаллидные фазы, кристаллизующиеся в дендритных и сферических формах. Ориентация дендритных ветвей носит произвольный характер, так как температурный и концентрационный градиенты наводятся при интенсивном конвективном движении, присущем данному виду лазерной сварки.

Граница сплавления представляет собой зону закалки как из жидкого, так и из твердого состояния с типичной мартенситной структурой, например, закаленной стали 65Г. Наблюдается незначительное проникновение жидкой фазы в стальную основу, не превышающее 5–10 мкм. Это происходит преимущественно по границам бывших ферритных зерен.

С помощью растрового электронного микроскопа изучали характер распределения основных элементов (железо и никель) по всей видимой на экране микроскопа поверхности, а также распределение

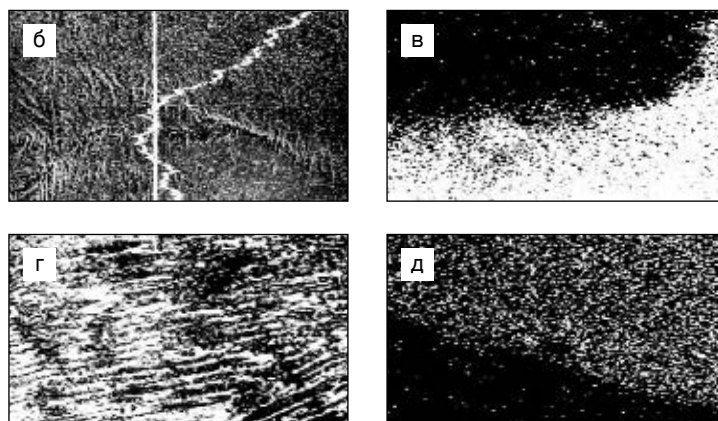
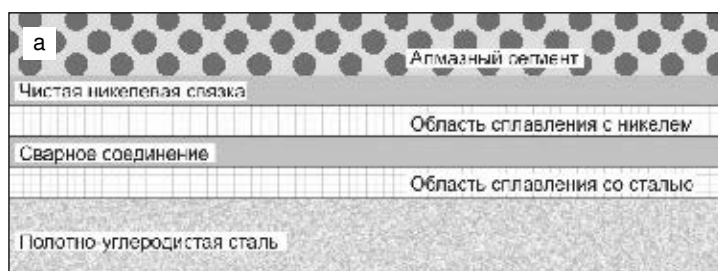
элементов по структурным составляющим, через которые проводилась линия сканирования электронного пучка.

График распределения никеля (рис. 1, б) показывает его максимальное содержание в алмазном брикете, которое плавно уменьшается при подходе к зоне сварного шва и остается примерно на одинаковом уровне, за исключением отдельных флуктуаций. Плавное снижение концентрационной кривой свидетельствует о присутствии довольно широкой переходной зоны между никелевым сегментом и сварным швом, где возможно прохождение процессов взаимной диффузии. Этого нельзя сказать о зоне, непосредственно прилегающей к стальной основе. На рис. 1, д видно, что граница сплавления со сталью и распределение никеля являются достаточно четкими.

Распределение никеля у стальной основы примерно одинаково (см. рис. 1, д), а область концентрации железа вблизи никелевого сегмента размыта (рис. 1, в). Это объясняется более высокими коэффициентами диффузии железа в никеле, а также более сильной подвижностью атомов данного элемента при высокотемпературном воздействии. Механические испытания алмазных брикетов на никелевой основе, сваренных со сталью 65Г, проводили с использованием стандартной разрывной машины. Установлено, что сварные швы обладают высокими прочностными свойствами. Разрушение образца происходит, в основном, по сегменту, так как он изготовлен прессованием и обладает наименьшей прочностью. Несмотря на наличие в стальной основе хрупких зон закалки из жидкого состояния, разрушений по стальной основе зафиксировано не было.

Сегменты, выполненные на никелевой или кобальтовой связках, являются наиболее предпочтительными как для лазерной сварки, так и для дальнейшей эксплуатации. Однако порошковый никель и кобальт — очень дорогие материалы. В связи с этим разрабатывают новые, более дешевые составы на основе железа с добавками меди, олова, и др.

Похожие результаты были получены при лазерной сварке алмазных сегментов на связке системы Fe-Cu-Co. Различие состоит лишь в образовании сложных тройных интерметаллидов, размер которых не превышает 3–5 мкм. Сварные швы с глубоким проплавлением не содержат дефектов и их показатели прочности доста-



точно высоки. Однако составы, содержащие большое количество меди, непригодны для лазерной сварки из-за расклинивающего эффекта меди, который может явиться причиной образования трещин в сварном шве на границе со стальным корпусом. Олово как легкоиспаряющийся элемент способствует самофлюсованию при лазерной сварке, поэтому расход защитного газа при этом меньше.

При использовании лазерной сварки отсутствует деформация алмазных отрезных сегментных кругов и наблюдается минимальная зона термического влияния. Инструмент может работать без использования охлаждающих сред. Рекомендуют руководствоваться требованиями ГОСТ 16115–88 и изготавливать корпус круга из сталей 9ХФ, 9ХФМ или 7ХН2МФ. Применение стали 65Г нежелательно, так как прочность сварного соединения ниже по сравнению с прочностью сварных соединений из вышеуказанных сталей.

Для промышленного использования данного способа была создана установка, состоящая из CO₂-лазера мощностью 1 кВт, координатного стола, вращателя и специальной оснастки. Установка позволяет сваривать отрезные сегментные круги диаметром от 115 до 400 мм с производительностью до 50 корпусов максимального диаметра в смену. Общий вид процесса и изготовленного инструмента показаны на рис. 2, а и б.

Рис. 1. Структура сварного шва: а — строение сварного соединения (схема); б, в — распределение соответственно никеля и железа в зоне сплавления с алмазным сегментом (×500); г, д — общий вид зоны сплавления со сталью и распределение никеля в этой зоне (×1000)

Рис. 2. Процесс лазерной сварки (а) и внешний вид изготовленного инструмента (б)

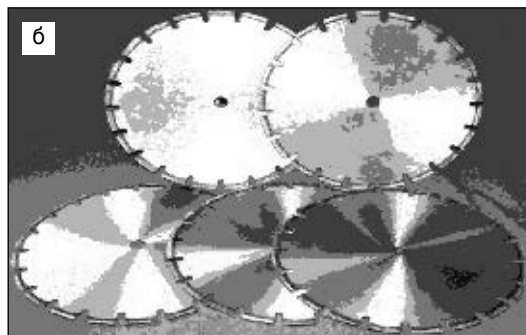
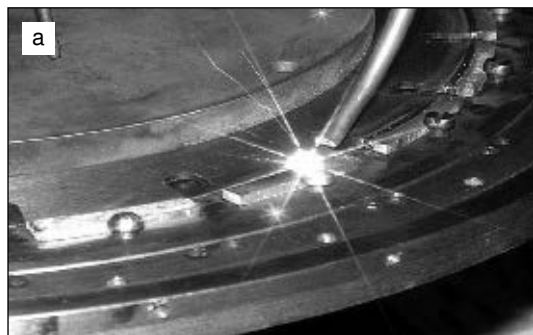


Рис. 3. Схема лазерной пайки расклинивающих пластин

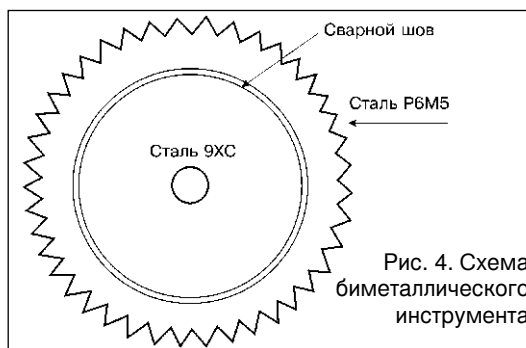
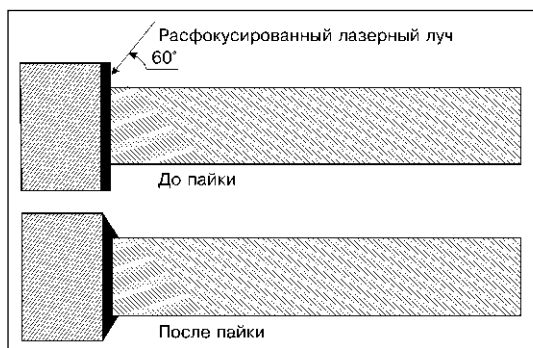


Рис. 4. Схема биметаллического инструмента

Лазерная пайка твердосплавных расклинивающих пластин к полотну инструмента. При изготовлении дискового инструмента для скоростной резки древесины необходимо выполнять внутри тела пилы специальные пазы. На инструменте такого типа малых и средних размеров пазы служат для компенсации напряжений, возникающих при его работе. На пилах с диаметром от 200 мм и выше в пазы вставляют твердосплавные вставки длиной от 20 мм и более, которые могут дополнительно подрезать древесину и препятствовать заклиниванию инструмента. Стандартная технология крепления вставок предусматривает пайку ТВЧ через прослойку серебряного припоя специальным индуктором в виде длинной петли. Возникающие при этом коробления и деформации требуют рихтовки, что не всегда возможно.

Разработана технология пайки лазерным лучом, позволяющая избежать недостатков пайки ТВЧ. Расфокусированным лазерным лучом частично разогревают область стали и припоя вокруг пластины. Припой плавится за счет теплопроводности. Ширина полоски припоя равна при этом толщине твердосплавной пластины, которая всегда имеет большую толщину, чем стальной корпус. Избыток припоя образует законченный наплыв, затекающий в зазоры. Лазерный луч или зону пайки целесообразно располагать под углом 60° к поверхности пилы. При толщине полоски

припоя 0,4 мм, диаметре луча 2,5 мм и мощности 700 Вт скорость перемещения лазерного луча составляет 5 мм/с. Общая схема пайки твердосплавных пластин показана на рис. 3.

Лазерная сварка-пайка биметаллических фрез. Прорезные и отрезные фрезы для металла диаметром от 20 до 200 мм и толщиной от 1 до 5 мм изготавливают из быстрорежущих сталей Р18, Р9 или Р6М5. После затупления и двух-трехкратной переточки зуба фреза выходит из строя.

В целях значительной экономии дорогостоящих быстрорежущих сталей были проведены исследования для определения возможности изготовления биметаллических фрез – сталь Р6М5 (режущая часть)+9ХС (основа или полотно). Полотно инструмента из стали 9ХС обеспечивает необходимую жесткость инструмента. Общая схема составной фрезы представлена на рис. 4.

Исследовали три технологии получения неразъемного соединения двух деталей фрезы:

1) лазерная сварка с глубоким проплавлением нетермообработанных деталей с последующей термообработкой всей фрезы по режиму термообработки стали Р6М5;

2) лазерная сварка с глубоким проплавлением предварительно термообработанных деталей по режимам каждой стали;

3) лазерная пайка (с высокотемпературными припоями ВПР-2, ВПР-4, ПРД70Г24, П-87) предварительно зака-

ленных деталей по режимам соответствующих сталей с разделкой кромок.

Установлено, что лазерная сварка не-термообработанного инструмента (первая технология) возможна. При этом в сварном шве происходит перераспределение легирующих элементов, особенно вольфрама и молибдена в сторону уменьшения их в области шва, прилегающей к стали Р6М5. Количество углерода в сварном шве также снижается (с 0,8–0,9 до 0,7–0,8%), что связано с рафинирующим действием лазерного луча при таком виде сварки. Это является благоприятным для повышения механических свойств такого рода соединения. При смещении сварного шва в сторону более теплопроводного материала в местах уменьшения глубины проплавления появляются микротрещины, которые значительно растут при последующей термообработке, что приводит к разрушению инструмента при испытаниях. Целесообразен предварительный подогрев будущего сварного соединения расфокусированным лазерным лучом. Последующая закалка фрезы по режиму закалки стали Р6М5 не приводит к появлению термических напряжений, а последующий трехкратный отпуск снимает напряжения в сварном шве.

Вторая технология также позволяет соединять детали фрезы, но необходим предварительный их подогрев до температуры 400 °С. Это предотвращает появление закалочных трещин в сварном шве. Фрезе необходимо также медленно охлаждать. Инструмент выдерживает испытания на безопасность работы.

При лазерной высокотемпературной пайке (третья технология) наиболее каче-

ственные паяные соединения с прочностью на отрыв около 650 МПа образуются при пайке припоем ПН–87. Для припоя ПН–87 характерна термическая стабильность, благодаря которой диффузионные процессы протекают в пределах твердых растворов основного металла (в данном случае железа) и припоя. Это подтверждает отсутствие в паяных швах интерметаллических соединений и карбидов. Паяный шов содержит два четко выраженных участка. На поверхностях основного металла образуются относительно широкие прикристаллизованные слои. Между этими слоями располагается центральный участок шва, имеющий дендритную структуру с тонкой прослойкой легкоплавкой фазы между дендритами. Микрорентгеноспектральный анализ показал, что основу прикристаллизованного слоя составляет железо, основу дендритов — железо, марганец и никель, а основу легкоплавкой фазы — медь и марганец.

Таким образом, при лазерной пайке благодаря измельчению структуры и концентрационному переохлаждению паяное соединение отличается высокими механическими характеристиками (прочность на разрыв составляет 650–700 МПа). Инструмент выдерживает испытания на безопасность работы по ГОСТ12.3.023.–80.

В результате проведенных исследований разработаны технологии лазерной сварки-пайки алмазных и твердосплавных пластин, лазерной сварки алмазных сегментов с полотном инструмента, лазерной сварки и пайки биметаллических (быстро-режущая сталь+инструментальная сталь) фрез.

● #370

Уважаемые Коллеги!

В ноябре 2003 года на базе МУАЦ НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» будет проводиться специальная подготовка технического персонала предприятий по применению газа МАФ при выполнении газосварочных работ на газопроводах диаметром до 150 мм с давлением газа до 0,6 МПа (основание — разрешение ДНАОП № 682.03.30–45.33.3 от 05.06.2003) по следующим программам:

- **Руководитель сварочных работ**
Длительность курса — 16 часов
Стоимость — 700 грн. на человека
- **Инструктор — сварщик**
Длительность курса — 32 часа
Стоимость — 1000 грн. на человека
- **Сварщик**
Длительность курса — 24 часа
Стоимость — 800 грн. на человека

Занятия начинаются по мере комплектации учебных групп.

Дополнительную информацию можно получить по тел.: **(044) 495-2616 и 495-2617**

Заявку на участие Вы можете направить по факсу **(044) 495-2616** или по электронной почте **welder@svitonline.com**

Технико-экономическая эффективность упрочнения наплавкой рабочих органов почвообрабатывающих орудий*

В. М. Константинов, Ф. И. Пантелеенко, С. Н. Жабуренко, О. Г. Девойно, А. М. Авсиевич,
Полоцкий государственный университет (Новополоцк, Республика Беларусь),
Беларусский национальный технический университет (Минск)

Технико-экономические показатели почвообрабатывающих машин и орудий все еще очень низки из-за малых сроков службы и плохой работоспособности ответственных деталей, а также вынужденных простоев при их периодических заменах. Быстрый выход из строя рабочих органов почвообрабатывающих орудий (РОПО) препятствует повышению производительности труда, увеличивает себестоимость сельскохозяйственной продукции.

Наиболее часто используемым металлоемким и быстро изнашивающимся РОПО является плужный лемех. Очевидна эффективность упрочнения плужных лемехов наплавкой износостойкими сплавами, позволяющей значительно увеличить долговечность за счет высокой износостойкости рабочих поверхностей и реализации эффекта самозатачивания лезвий при относительно невысоких затратах на упрочнение. Широкое применение получили технологии индукционной (НПО «Анитим», «Алтайсельмаш» — Россия, ПО «Одессапочвомаш» — Украина) наплавки плужных лемехов и дуговой (ВНИИТУВИД «Ремдеталь» — Россия, «International Harvester» — США, «Rabewerk» — Германия). В Беларуси разрабатывают также технологии упрочнения РОПО намораживанием и путем погружения разогретой заготовки в порошкообразную шихту и последующего ее оплавления (НИИ ПМ с ОП, ИНДМАШ НАНБ). Наплавочными материалами служат порошковые твердые сплавы типа «сормайт» (ПГ-С1, ПГ-С27, ПР-ФБХ6-2 ГОСТ 21448) или их зарубежные аналоги с высоким содержанием хрома — до 30%. В отдельных случаях применяют более дорогие самофлюсующиеся сплавы ПР-Х4Г2Р4С2Ф, ПГ-СР4М.

В последнее время наблюдается некоторое снижение активности исследований в области разработки наплавочных материалов и упрочняющих технологий РОПО. Многие исследователи (особенно в странах Евросоюза) признают экономически нецелесообразной наплавку плужных лемехов, так как при вспашке почв с повышен-

ной изнашивающей способностью увеличение долговечности лемехов не компенсирует затраты на их упрочнение. Причин указанной ситуации несколько. Высокая стоимость традиционных наплавочных сплавов на фоне относительно низкой стоимости РОПО приводит к снижению ТЭЭ упрочняющей наплавки. Как известно, целесообразность упрочнения быстроизнашивающихся деталей определяет соотношение затрат на упрочнение и соответствующего увеличения ресурса упрочненной детали:

$$C_{\text{упр}} P_{\text{упр}} / C_{\text{н}} P_{\text{н}} \leq 1, \quad (1)$$

где $C_{\text{упр}}$ и $C_{\text{н}}$ — стоимость соответственно упрочненной и неупрочненной детали; $P_{\text{упр}}$ и $P_{\text{н}}$ — ресурс соответственно упрочненной и неупрочненной детали.

Расчеты свидетельствуют, что для выполнения условия (1) стоимость наплавочного сплава должна быть менее 4–5 евро. Получение таких сплавов традиционными технологиями проблематично, а в ряде случаев невозможно.

Не выдерживается известное условие самозатачивания лезвия лемеха при вспашке:

$$\omega = h_2 \varepsilon_2 / h_1 \varepsilon_1, \quad (2)$$

где ω — критерий самозатачиваемости для дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почв ($\omega = 1,5 \dots 2$); h_1 и h_2 — толщина основного и наплавленного слоев лемеха; ε_1 и ε_2 — износостойкость основного и наплавленного слоев лемеха.

Оптимальных значений критерий ω при использовании распространенных технологий наплавки не достигает из-за невысокой износостойкости основного металла лемеха, претерпевающего структурные изменения при наплавке (табл. 1), и отсутствия подбора наплавочных сплавов, равных по износостойкости. Наблюдается также снижение прочности наплавленного лемеха при на-

Таблица 1. Значения критерия самозатачиваемости ω

Основной материал лемеха	Наплавочный материал	Способ наплавки	Толщина наплавленного слоя, мм	Значения критерия самозатачиваемости ω
Сталь Л53	ПГ-С1	Индукционная	1,5–1,7	0,77–0,87
Сталь Л 53	ПР-ФБХ6-2		1,5–1,7	0,78–0,89
Сталь 65Г	ПГ-С1	Электродуговая	1,4–2,0	0,71–1,02
Сталь 65Г	ПР-ФБХ6-2		1,4–2,0	0,73–1,04

* Сварка и родственные технологии (Минск). — 2002. — №5.

плавке. Это приводит к деформации лемехов и особенно долот на тяжелых почвах.

Радикального снижения стоимости наплавочных сплавов удалось добиться благодаря применению диффузионно-легированной чугунной стружки. Термическая обработка наплавленных лемехов позволяет существенно повысить уровень абразивной износостойкости основного и наплавленного металлов. После термической обработки наплавленные слои из диффузионно-легированных сплавов на основе чугунной стружки приобретают гетерогенную заэвтектическую структуру, состоящую из прочной ледебуритной эвтектики с упрочняющими фазами карбидного, боридного или нитридного типов.

Термическую обработку проводят по режимам закалки углеродистых сталей, применяемых для изготовления РОПО (сталь Л53 – ГОСТ 8531, сталь 65Г – ГОСТ 2590), в результате чего значительно увеличивается их твердость и износостойкость (табл. 2). Проведены комплексные полевые испытания наплавленных плужных лемехов при вспашке старопахотных земель в колхозах Полоцкого и Борисовского районов на дерново-подзолистых и супесчаных почвах, преобладающих в Беларуси (соответственно 42,4 и 34,8%).

Результаты испытаний свидетельствуют о значительном увеличении долговечности лемехов, наплавленных диффузионно-легированными сплавами с последующей термической обработкой (табл. 3). При испытаниях проводили профилирование лезвий лемехов, позволившее установить реализацию эффекта самозатачиваивания лезвий при вспашке (рисунок).

Высокие технико-экономические показатели наплавленных диффузионно-легированными сплавами и термообработанных лемехов (табл. 4) доказывают целесообразность и эффективность внедрения этой технологии. ● #371

Таблица 2. Твердость и абразивная износостойкость материалов, применяемых для изготовления и упрочнения плужных лемехов

Материал	Термическая обработка	Твердость HV	Массовый износ*, г	Относительная абразивная износостойкость
Сталь Л53	—	220	3,7922	0,19
Сталь Л53	Закалка 810 °С (масло), отпуск 200°С	570	0,7308	1,0
Сталь 65Г	—	240	1,4039	0,52
Сталь 65Г	Закалка 810 °С (масло), отпуск 200°С	590	0,5717	1,28
Сормайт ПГ–С1		570	0,2866	2,55
Сормайт ФБХ6–2		585	0,2800	2,61
Сплав СЧ 20 (В, Cr)		510	0,2832	2,58
Сплав СЧ 20 (N, Ti)		395	0,3883	1,88
Сплав СЧ 20 (N, Cr, Ti)		430	0,2551	2,86
Сплав ИЧХ28Н2 (В, Mn)		940	0,1885	3,88
Сплав ИЧХ28Н2 (N)		760	0,3078	2,37

* Испытания на абразивную износостойкость производили на модернизированной установке, моделирующей реальные условия эксплуатации плужных лемехов. Эталон — сталь Л53 закаленная.

Таблица 3. Результаты полевых испытаний

Место проведения испытаний	Тип почвы	Выработка лемеха, га	
		стандартного П–701, П–702	наплавленного и т/обработанного
Колхоз «Лошница»	Супесчаная	11–13	62–64
Колхоз «Бродовка»		9–11	46–48
Колхоз «Красная Белоруссия»		8–10	47–49
Колхоз «Гвардия»		10–12	51–53
Колхоз им. Чкалова		9–11	49–51
Колхоз «Заря»	Дерново-подзолистая	11–13	24–26

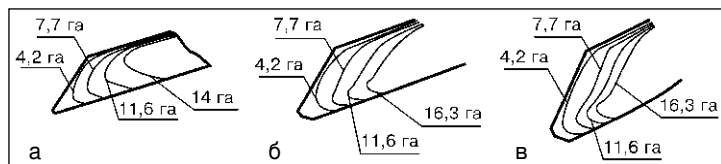


Рисунок. Изменение профилей лезвий плужных лемехов при вспашке: а — лемех П–701 из стали Л53; б — лемех с наплавкой сормайт ПГ–С1; в — лемех с наплавкой диффузионно-легированным сплавом, термообработанный

Таблица 4. Результаты расчета технико-экономической эффективности использования плужных лемехов

Технико-экономический показатель	Единица измерения	Материал рабочей поверхности лемеха		
		сталь Л53	сормайт ПГ–С1	диффузионно-легированный сплав
Твердость рабочей зоны лемеха	HRC ₉	45–50	48–52	48–54
Критерий самозатачиваемости	—	—	0,8–1,0	1,6–1,8
Выработка лемеха на песчаных и супесчаных почвах	га	9–12	47–51	50–54
Выработка лемеха на дерново-подзолистых почвах	га	11–13	22–24	24–26
Стоимость плужного лемеха*	руб.	7248	11350	10760
ТЭЭ использования лемеха	руб. /га	604–690	232–494	207–430

* Значения показателей на 01.10.2002 г.

Технология газотермического напыления для защиты оборудования пищевой промышленности*

А. М. Яркович, Н. Н. Петюшев, В. В. Хроленок, А. С. Никитина, Е. Н. Белая, Государственное учреждение «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством», РУП «БелНИИ пищевых продуктов» (Минск)

В промышленно развитых странах интенсивно развивается технология нанесения композиционных порошковых покрытий методом газотермического напыления, разработана широкая номенклатура оборудования и материалов. Применяемые технологии газотермического напыления при ремонте оборудования пищевой промышленности не обеспечивают сохранение в покрытии исходных физико-механических свойств порошковых материалов. Существенные потери свойств наблюдаются при напылении полимерных материалов. При этом деструкции подвергается значительная часть наносимого материала.

Определенными преимуществами обладают установки с внешним вводом порошковых материалов в пламя.

С целью изучения процессов нагрева и движения частиц при внешнем вводе порошкового материала в высокотемпературную газовую струю были проведены теоретические расчеты скорости и температуры частицы по длине струи при различных углах ввода α . Схема расчета скоростей и температур приведена на *рис. 1*.

В качестве основных факторов, влияющих на показатели процесса, были выбраны начальная скорость частицы, ее размер и угол ввода. Расчет был проведен для частиц никеля диаметром 50 мкм. Начальная скорость ввода в пропано-кислородную струю порошка равнялась 20 м/с. Угол ввода порошка 150° , точка ввода располагалась на расстоянии 5 мм от среза сопла.

На *рис. 2, 3* приведены результаты расчетов скорости и температуры частиц. На основании расчетов сделан вывод, что ввод дисперсного материала по нормали к оси струи является наименее выгодным с точки зрения эффективности теплообмена, что объясняется малым временем пребывания порошка в струе. Оптимальными углами ввода являются углы $135-145^\circ$. С уменьшением скорости ввода частиц прогрев частиц уменьшается за счет меньшего проникновения частиц в высокотемпературную область. С увеличением скорости ввода, особенно при углах, близких к 90° , возможен выход порошковых частиц из струи.

На основании проведенных исследований разработано и изготовлено универсальное оборудование для нанесения высококачественных покрытий за счет сохранения исходных функциональных свойств порошковых материалов с различными

* Сварка и родственные технологии (Минск). — 2002. — №5.

Рис. 1. Схема расчета скоростей и температур

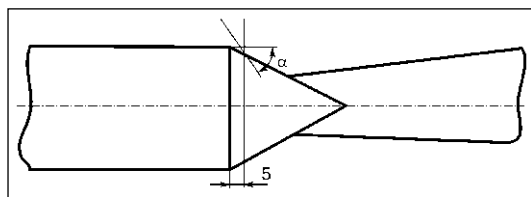


Рис. 2. Распределение скорости V частиц по длине струи L : 1 — аксиальное введение порошка; 2 — внешний ввод под углом 150°

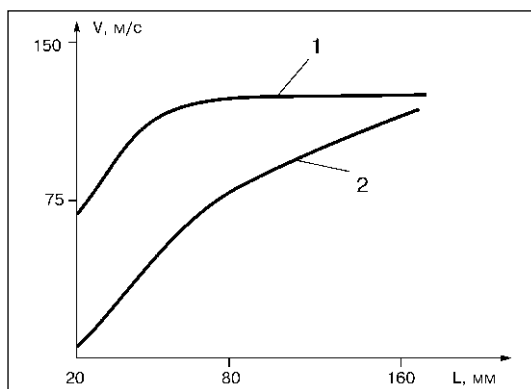


Рис. 3. Распределение температуры T частиц по длине струи L : 1 — аксиальное введение порошка; 2 — внешний ввод под углом 150°

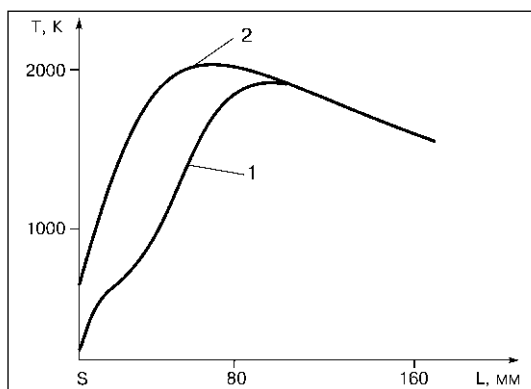


Таблица. Результаты сравнительных испытаний

Производство (оборудование)	Агрессивная среда	Скорость коррозии, г/м ²			Условия проведения испытаний		
		ПХ20Н80	ПГ 12Н-01	12Х18Н9Т	t, ч	T, °С	pH
Винодельческое (резервуары, емкости)	Виноградное сусло	0,0002	0,00022	0,0002	300	25	2,4–3,5
	Виноградное вино	0,00017	0,0002	0,0002	300	25	2,8–3,8
	Сухое вино	0,00011	0,00016	0,0002	300	9–14	3,1–3,4
	Яблочное вино	0,00011	0,00014	0,00012	300	25	—
Пивоваренное, суловарочное (котлы, чаны)	Пивное сусло	0,00013	0,00016	0,00018	300	5–20	—
	Пиво	0,00011	0,00014	0,00016	300	5–20	—
Спиртовое (резервуары, емкости)	Спиртосодержащие среды	0,00012	0,00012	0,0010	300	15–25	2,4–3,6

температурами плавления. Для нанесения полимерных покрытий можно использовать дешевые несферодизированные порошковые материалы — полиэтилен высокого давления низкой плотности (ПЭВД), полиэтилентерефталат высокотемпературный (ПЭТФ ВТ), полиамид-68. Внешний ввод порошкового материала под углом навстречу пламени обуславливает плавный нагрев и получение покрытий из широкого класса металлических и полимерных материалов.

Особенностью разработанного оборудования является конструкция сопла, имеющего выходные отверстия, расположенные в определенной конфигурации, для обеспечения необходимого разрыва высокотемпературной газовой струи в начальной области. В эти разрывы навстречу движению высокотемпературной газовой струи под определенным углом подается порошковый материал. Это обеспечивает плавный нагрев частиц, удлинение траектории их движения, увеличивает время нахождения в выбранных областях пламени.

Наблюдается определенная сепарация частиц по диаметру: частицы большего диаметра проникают в более нагретые области высокотемпературной газовой струи, что обеспечивает равномерный прогрев всех частиц вне зависимости от их диаметра.

Установка представляет собой горелку с пультом управления газами и отдельный порошковый питатель нагнетательного типа. Горелка состоит из корпуса, сопла, бункера и узла внешней подачи с несколькими трубками для внешней подачи порошка от питателя.

Техническая характеристика:

Производительность напыления, кг/ч:
 полиэтилена 5–7
 металлических самофлюсующихся сплавов и порошков 5–8

Коэффициент использования, %:

металлических порошков 80–85
 полиэтиленовых порошков 90–95

Расход, м³/ч:

пропан-бутана 1,2–1,5
 кислорода 3,5–4,0
 сжатого воздуха 1,20

Давление, МПа:

пропан-бутана 0,19–0,20
 кислорода 0,4–0,5
 сжатого воздуха 0,5–0,6

Дистанция напыления, мм 150–200

Плотность покрытий, %:

из металлических порошков 85–90
 из полиэтиленовых порошков 0–95

Толщина покрытия, мм 0,2–4,0

Адгезионная прочность

покрытий, МПа 20–40

Масса, кг до 7,0

Габаритные размеры, мм:

пульта 500×500×100
 пистолета 200×150×150

Экспериментальные данные показали, что наибольший коэффициент использования порошковых материалов обеспечивается именно при углах ввода 135–150°. Коррозионная стойкость покрытий, полученных по предлагаемой технологии, была изучена в ряде широко распространенных пищевых средах. Результаты сравнительных испытаний приведены в *таблице*. В качестве эталона была взята пищевая сталь 12Х18Н9Т. Изучали покрытия из ПГ12Н-01 и ПХ20Н80.

Из таблицы видно, что менее подвержено коррозионному воздействию пищевых агрессивных сред покрытие из ПХ20Н80. Кроме того, такие материалы при газотермическом напылении существенно не изменяют своего химического состава (патент СССР от 18.07.87 г. № 08с/Б-7-128).

● #372



Плазменная резка с отдельной подачей двух газов

А. В. Ведерников, «Техмаш» (Одесса)

Способ плазменной резки с отдельной подачей двух газов был разработан и запатентован Джеймсом Браунингом (компания Thermal Dynamics Corporation) в 1963 г. В СССР плазменную резку с отдельной подачей двух газов начали разрабатывать и применять в конце 1950-х — начале 1960-х гг.

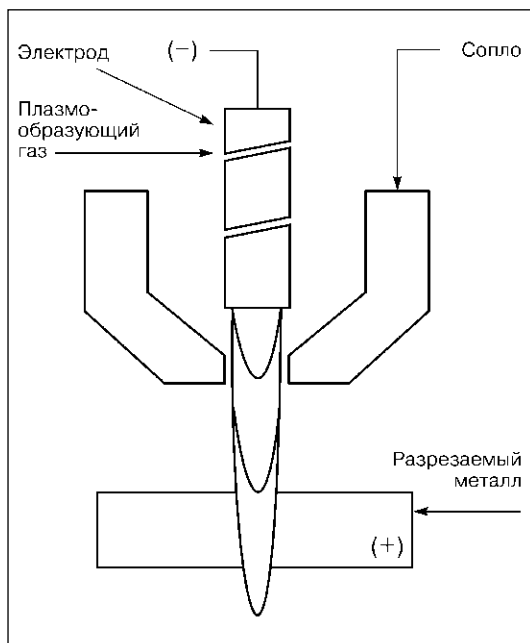


Рис. 1.
Схема
плазменной
резки

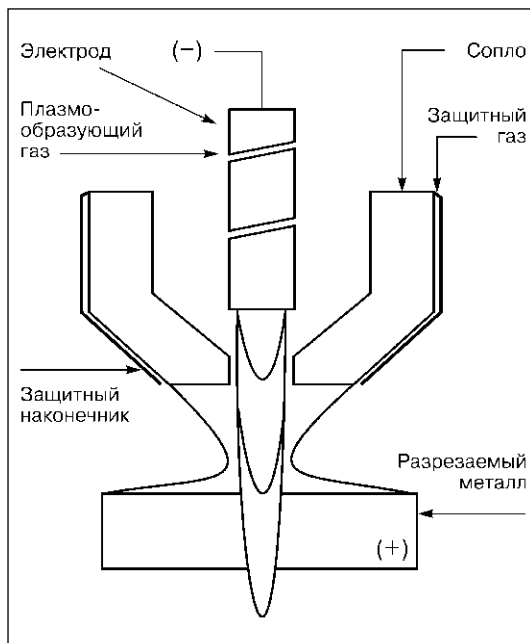


Рис. 2.
Схема
плазменной
резки
с отдельной
подачей
двух газов

Схемы обычной плазменной резки и плазменной резки с отдельной подачей двух газов приведены соответственно на рис. 1 и 2. В последнем случае вокруг дуги создают вторичный газовый экран. Главным преимуществом такого решения является возможность перемещения сопла внутри керамического защитного наконечника (рис. 3), это предотвращает короткое замыкание сопла с разрезаемой заготовкой и, кроме того, уменьшает опасность двойного дугообразования. Защитный газ закрывает зону резки, улучшая качество реза, несколько увеличивает скорость резки, а также охлаждает сопло и защитный наконечник.

Имеется много различных комбинаций плазмообразующего и защитного газов, что позволяет выбрать оптимальное качество реза, нужную стойкость расходных материалов, скорость реза и возможную толщину реза различных материалов:

1. Плазмообразующий газ — воздух, защитный газ — воздух. Воздух применяют в обычных и двухгазовых плазменных системах при силе тока дуги ниже 200 А. Стойкость расходных материалов невысокая. Качество резки удовлетворительное для большинства материалов, хотя наблюдают некоторое азотирование поверхности углеродистой стали и окисление поверхности алюминия и нержавеющей стали.

2. Плазмообразующий газ — кислород, защитный газ — воздух. Эта комбинация обеспечивает наибольшую скорость и высокое качество резки углеродистой стали. На кромках реза не бывает азотирования, грат практически отсутствует. Эту комбинацию обычно используют при силе сварочного тока от 15 до 260 А для резки металла толщиной до 25 мм. С появлением новых систем кислородно-плазменной резки LongLife® (патент компании HYPER-THERM®) стойкость расходных материалов при резке выросла в несколько раз.

3. Плазмообразующий газ — азот, защитный газ — воздух. Обеспечивает хорошее качество резки нержавеющей сталей и алюминия, не желателен для использова-

ния при резке углеродистых сталей из-за азотирования поверхности и образования грата. Стойкость расходных материалов значительно выше, чем на воздухе. Эту комбинацию газов обычно используют при силе тока дуги 20–750 А для резки материалов толщиной до 100 мм.

4. *Плазмообразующий газ — смесь N35 (аргон — 35%, водород — 65%), защитный газ — азот.* Применяют при резке нержавеющей стали и алюминия. Такая комбинация газов позволяет резать металл максимально возможной толщины при минимальной величине грата, незначительном термическом воздействии, обеспечивает высокое качество реза, которое не ухудшает свариваемость заготовок. Используют также при силе тока дуги от 750 до 1000 А для резки нержавеющей стали и алюминия толщиной 150 мм. Стойкость расходных материалов высокая.

В СНГ первым предприятием, начавшим серийно выпускать машины для плазменной резки с двухгазовой технологией, является завод «Техмаш» (Одесса).

Опыт эксплуатации таких машин с 2000 г. доказал стабильность их работы и высокую стойкость расходных материалов. В самом экономичном режиме, применяя в качестве плазмообразующего и защитного газов воздух, на машине термической резки типа «Интертех-3,2-1К-1Пл-1Р» (рис. 4) с плазменной системой HT2000 компании HYPER THERM® при резке судостроительных деталей были достигнуты следующие результаты: при силе тока дуги 200 А и резке металла толщиной 16 мм стойкость пары сопло-электрод в среднем составила 16 ч рабочего времени машины или около 400 включений. Грат практически отсутствовал, а неперпендикулярность реза была в диапазоне 0–3°. При испытаниях и сдаче в эксплуатацию менее дорогой плазменной системы типа MAX 200 были достигнуты близкие результаты.

Следует заметить, что обе вышеупомянутые системы имеют встроенную систему охлаждения, в которой используется жидкость с низкой температурой замерзания. Это позволяет успешно эксплуатировать их в цехах, где температура может опускаться до минус 10 °С. Системы имеют двухступенчатую стабилизацию расстояния между плазмотроном и разрезаемым листом: начальную (установочную) — по выдвигающимся с помощью пневмоцилиндра индуктивным датчикам, рабочую

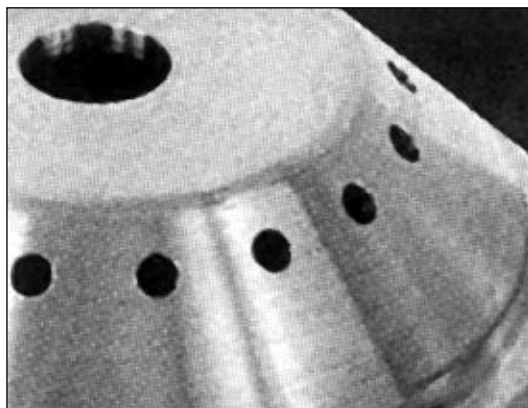
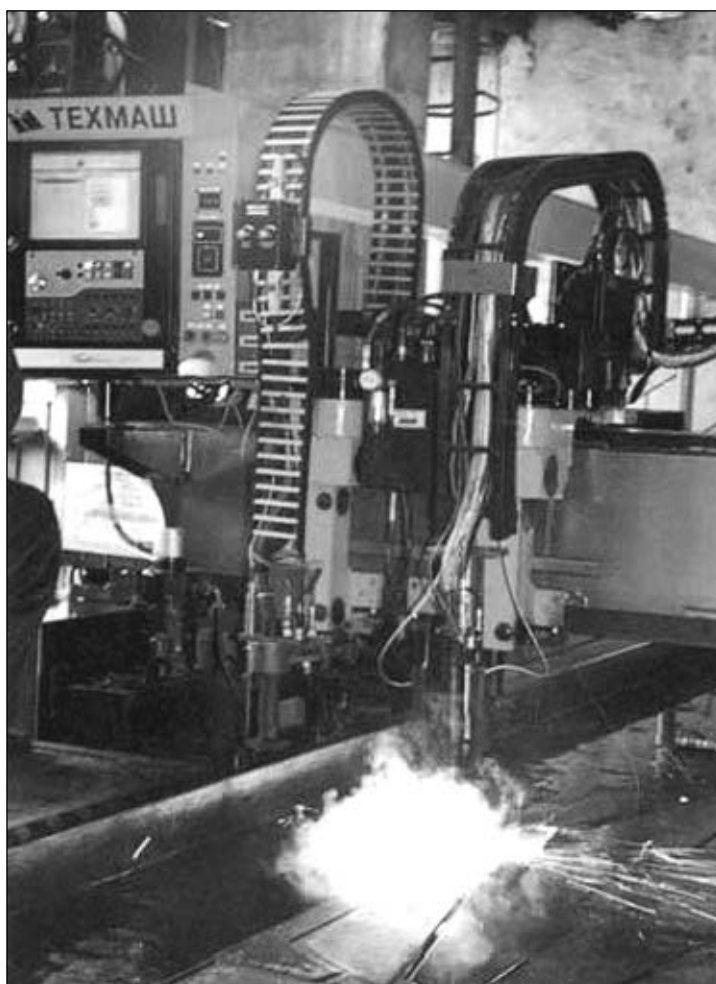


Рис. 3. Защитный наконечник к плазмотрону плазменной системы MAX 200 производства компании HYPER THERM®



(основную) — по напряжению на дуге. Система стабилизации рабочего зазора плазмотрона является важным компонентом в обеспечении качества вырезаемых деталей. Система MAX 200 имеет отдельные входы для плазмообразующего и защитного газов, а система HT2000 — дополнительно еще один вход для плазмообразующего газа (например, при переходе на вырезку деталей из нержавеющей стали можно отключить подачу кислорода, а подать азот).

Рис. 4. Машина «Интертех-3,2-1К-1Пл-1Р» производства завода «Техмаш», изготовленная для судостроительной компании «АКЕР» (Норвегия)

● #373

Обеспечение точности изготовления сварных конструкций*

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

Точность сварной конструкции во многом зависит от точности сборки металлоконструкций под сварку. Эта операция существенно влияет также на общую трудоемкость сборочно-сварочных работ.

Точность собранной конструкции определяют как предыдущие операции технологического процесса (правка, резка деталей и заготовок, обработка кромок, гибка и др.), так и ряд факторов, проявляющихся непосредственно при выполнении сборочной операции. К таким факторам относят схему сборки-сварки, способ сборки, способы базирования и выбор базовых поверхностей, точность сборочных приспособлений, согласование допусков.

Схемы сборки. При последовательной сборке и сварке элементов требуемую точность изготовления сварной конструкции достигают, применяя промежуточные операции правки. Схему полной сборки конструкции с последующей сваркой обычно используют для сравнительно простых изделий или изделий средней сложности, состоящих из небольшого числа деталей с легкодоступными для выполнения соединениями. При этой схеме точность обеспечивают за счет создания жесткого контура собранной конструкции.

При параллельно-последовательной схеме сборки общие деформации всей конструкции заметно уменьшаются, так как

жесткость узлов всегда больше жесткости отдельных деталей. В этом случае легче выполнить правку деформированных узлов, чем полностью сваренной конструкции. Кроме того, при такой схеме сборки и сварки проще реализовать активный технологический контроль точности на различных стадиях изготовления с соответствующими коррекциями согласно параметрам технологического процесса в зависимости от состояния конструкции.

Базирование. Важное значение для обеспечения точности сборки имеет соблюдение основных принципов базирования сварной конструкции. Для базирования любой детали достаточно иметь шесть опорных точек, лишаящих деталь всех шести степеней свободы.

Из всего многообразия заготовок и деталей, собираемых в сварные изделия, наибольшее распространение имеют призматические заготовки, у которых в качестве установочных баз используют три взаимно перпендикулярные плоскости. Для повышения точности ориентации таких деталей в качестве установочной базы принимают поверхность с наибольшими размерами, позволяющими разместить три условные опорные точки. При этом в качестве направляющей базы принимают самую длинную деталь, а опорной базой может быть даже небольшая ровная поверхность с одной опорной точ-

* Продолжение. Начало см. Сварщик. — 2003. — №1, 2, 3, 4.

Таблица. Характеристика УСПсв

Параметр	Ширина паза, мм (размер резьбы основного крепежного болта)		
	8 (М8)	12 (М12×1,5)	16 (М16)
Габаритные размеры свариваемых изделий, мм:			
в прямоугольных координатах	От 50×50×50 до 300×300×800	От 120×120×120 до 2000×2000×500	От 500×500×1000 до 5000×2000×1500
по диаметру	От Ø50 до Ø400*	От Ø180 до Ø1500	От Ø900 до Ø2800
по высоте	От Ø10 до Ø400	От Ø40 до Ø1200	От Ø150 до Ø1500
Толщина металла свариваемых изделий, мм:			
малых размеров	До 6	До 20**	До 40***
больших размеров	До 4	До 12	До 20
Точность сборки под сварку, мм	0,1–0,3	0,1–0,5	0,3–1,0
Масса свариваемых изделий (узлов), кг	До 10	До 500	До 2500

* Собирают на базовых кольцах с пазами 12 мм (ГОСТ 17841–72, ГОСТ 17843–72).

** При сборке изделий из разнотолщинных металлов, но катет шва не более 8 мм.

*** То же, но катет шва не более 16 мм.

кой. Ряд специфических особенностей выбора баз при изготовлении сварных конструкций более подробно приведен в работе *Ногаева Б. П., Рагуновича С. П. Выбор баз при изготовлении сварных конструкций. — Сварщик. — 2002. — №5. — С. 12–14.*

Способ сварки. Существуют следующие способы сборки под сварку:

- по предварительной разметке;
- по упорам-фиксаторам или по шаблонам;
- по контрольным отверстиям.

При сборке по разметке положение каждого элемента определяют по линиям, нанесенным на сопрягаемые элементы.

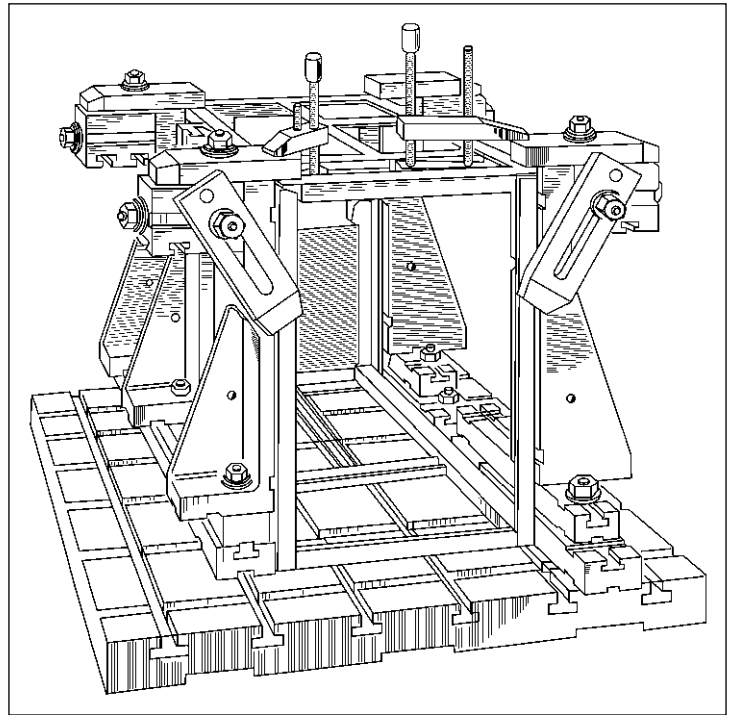
Сборку по упорам-фиксаторам производят в сборочно-сварочных приспособлениях или на стеновых плитах.

При сборке по контрольным отверстиям сопрягаемые элементы соединяют, совмещая эти отверстия (они являются технологическими сборочными базами). Последние два способа сборки обеспечивают более высокую точность взаимного положения деталей при сборке и более высокую производительность. Заданные размеры взаимного положения деталей при сборке этими способами получаются автоматически. Наибольшее распространение получил способ сборки в приспособлениях. Тип приспособления определяют серийностью производства, сложностью конструкции свариваемого узла, способом сварки и применяемым оборудованием.

Сборочные приспособления. При единичном и мелкосерийном производствах применяют, преимущественно, универсальные приспособления. В серийном производстве наряду с универсальными приспособлениями используют перенастраиваемые сборочные установки или стелы с быстродействующими прижимами.

В массовом производстве применяют специализированные установки и приспособления с высокой степенью механизации и автоматизации, в том числе и с программным управлением. Требования, предъявляемые к приспособлениям:

- достаточная жесткость корпуса, так как взаимное положение свариваемых деталей в процессе сборки под сварку должно оставаться неизменным. Допуски на линейные размеры в сборочно-сварочных приспособлениях составляют 0,5–0,75 допуска на соответствующие размеры в собираемых изделиях;
- свободный доступ сварочного инструмента к местам сварки;



- быстрая установка деталей свариваемого изделия и их зажим, свободное снятие узла после прихватки;
- обеспечение безопасности при выполнении сборочных и сварочных работ.

Рисунок. Компоновка УСПсв для сборки под сварку прямоугольного каркаса

В странах СНГ получили распространение универсально-сборные приспособления для сборочно-сварочных работ (УСПсв), включающие следующие группы элементов: базовые, корпусные, установочно-направляющие, прижимные крепежные и разные. Такое деление не предопределяет однозначного применения какого-либо элемента в приспособлениях, так как элементы универсальны, в разных компоновках могут выполнять различное назначение.

Характеристика УСПсв в зависимости от ширины паза и размера резьбы основного крепежного болта приведена в *таблице*.

В этих УСПсв в качестве базовых деталей используют плиты с сеткой Т-образных пазов шириной 8, 12 и 16 мм и шагом 60 мм. На боковых сторонах плит имеются продольные Т-образные пазы, с помощью которых можно нарастить плиту.

Для образования корпуса приспособления используют полосы, уголки, косынки, угольники и др. В качестве прижимных деталей применяют шарнирные прихваты, рычажно-эксцентриковые и винтовые прижимы. На *рисунке* показано УСПсв для сборки под сварку прямоугольного корпуса.

Надежность и долговечность деталей и узлов УСПсв обеспечивают правильным

выбором материалов, режимов термообработки и защитных покрытий. К сожалению, УСПсв в настоящее время в Украине не изготавливают.

Аналогичную описанной выше сборочную оснастку предлагает немецкая фирма «Forster GmbH». Фирма поставляет передвижные и стационарные сварочные столы различных размеров от 1000×1200 мм до 3000×1500 мм с поперечными пазами. В комплект входят также разнообразные упорные, фиксирующие и другие элементы.

Немецкая фирма «DEMMELEER Maschinenbau GmbH» производит различные УСПсв, основой которых являются стационарные и передвижные сварочные столы различных размеров. Эти столы имеют базисные отверстия диаметром 25 мм, выполненные с шагом 50 мм.

На современных предприятиях при проведении сборочных работ широко используют магнитную сборочную оснастку на базе постоянных магнитов. Магниты выполняют роль грузозахватных устройств, упорных и фиксирующих элементов.

Фирма «РЕЕП» (Германия) предлагает широкую гамму грузозахватных устройств на базе постоянных магнитов грузоподъемностью от 250 до 2000 кг. Несмотря на довольно обширную номенклатуру уни-

версальных сборочных приспособлений, которые предлагает рынок, сборочные операции на многих предприятиях Украины остаются мало механизированными, а саму сборку выполняют с натягами и большим объемом подгоночно-доводочных работ.

Согласование допусков. Даже самые точные и современные сборочные приспособления окажутся бесполезными, если устанавливаемые при проектировании допуски на отдельные размеры не будут согласованы с точностью изготовления заготовок.

Согласование допусков элементов собираемой конструкции достигают, используя различные методы взаимозаменяемости (полной, неполной, групповой, сборка с подгонкой деталей). Чем ниже степень взаимозаменяемости, тем больше объем подгонки деталей и меньше точность сборки металлоконструкций.

Проектировщикам и производителям сварных конструкций необходимо больше внимания уделять точности изготовления сварных заготовок, так как выполненные с максимальной точностью заготовки существенно снижают трудоемкость сборочных операций и в целом повышают точность изготовленных сварных конструкций.

● #374

Продолжение в следующих номерах.

Вышли из печати

Вышел из печати завершающий третий том справочного пособия «Сварные строительные конструкции», подготовленный специалистами Института электросварки им. Е. О. Патона, ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция» им. В. Н. Шимановского, Научно-исследовательского института строительных конструкций Госстроя Украины и др. (под общей редакцией академика НАН Украины Л. М. Лобанова).

В первой главе представлены конструктивные элементы железобетонных конструкций гражданских и производственных зданий. Приведены способы сварки арматуры и закладных деталей в заводских условиях и на монтаже.

Вторая глава посвящена строительным конструкциям из полимерных материалов. Подробно изложены способы сварки пластмасс, включая обычные и специальные, а также методы контроля и испытания сварных соединений, пластмасс.

В третьей главе рассмотрены актуальные проблемы оценки технического состояния и использования резервов несущей способности зданий и сооружений. Приведены рекомендации по производству строительного-монтажных работ при реконструкции каркасов промышленных цехов.

Четвертая глава посвящена методам решения задач по оптимизации сварных строительных конструкций. В пятой главе изложены сведения о традиционных (радиационные, ультразвуковые, электромагнитные и др.) и новых (оптическая голография и электронная широкография) методах неразрушающего контроля качества сварных соединений.

Шестая глава посвящена актуальным вопросам охраны труда при сварке. В седьмой главе приведены сведения о зарубежных нормах проектирования и монтажа строительных металлоконструкций.

Справочное пособие может быть полезно научным и инженерно-техническим работникам, занятым проектированием, изготовлением, монтажом, диагностикой и продлением сроков эксплуатации сварных строительных конструкций.





Регуляторы расхода (редукторы) углекислого газа

В. А. Сергиенко, И. И. Гуменшаймер, инженеры, завод «Донмет» (Краматорск)

Газовый редуктор служит для понижения давления газа, отбираемого из баллона, до рабочего и автоматического поддержания этого давления постоянным, независимо от изменения давления газа в баллоне. При сварке в среде защитного газа, в частности CO_2 , редуктор одновременно выполняет функции регулятора расхода газа. В большинстве случаев механизированной сварки в среде CO_2 для эффективной защиты дуги и сварочной ванны оптимальный расход углекислого газа — 10–20 л/мин (0,6–42 м³/ч).

Основными рабочими характеристиками газовых редукторов является рабочее давление $P_{\text{раб}}$ (МПа); пропускная способность (расход) Q (м³/ч); предел редуцирования $P_{\text{вх}}^{\text{min}}$ (МПа); перепад давления, характеризуемый коэффициентом редуцирования $K = P_{\text{вх}}^{\text{min}} / P_{\text{раб}}$.

Рабочее давление и пропускная способность редуктора — взаимозависимые параметры: при постоянном диаметре выходного сопла (дюзы) зависимость расхода от рабочего давления прямо пропорциональна. Следовательно, при постоянном диаметре выходного сопла для поддержания постоянного расхода газа достаточно поддерживать постоянным рабочее давление.

При работе редуктора от баллона или рампы давление газа на входе в редуктор понижается, в соответствии с этим изменяется рабочее давление и, соответственно, расход газа. Величина и направление изменения (увеличение или уменьшение) зависят от конструкции редуктора.

Одноступенчатые газовые редукторы выпускают в двух исполнениях: прямого и обратного действия. У редуктора прямого действия рабочее давление по мере расхода газа из баллона снижается, а у редуктора обратного действия — повышается. На рис. 1 показаны зависимости рабочего давления $P_{\text{раб}}$ от давления газа на входе для редуктора прямого действия (кривая 1) и обратного действия (кривая 2). Из рисунка видно, что редуктор обратного действия обеспечивает более постоянное рабочее

давление, чем редуктор прямого действия.

Несмотря на то, что углекислый газ в баллоне находится в сжиженном состоянии и давление в нем практически не меняется в зависимости от объема углекислоты в баллоне, перепады входного давления неизбежны, особенно при изменении температуры окружающего воздуха, подключении к баллону более одного сварочного поста и т. п. Также снижается входное давление непосредственно перед тем, как в баллоне закончится углекислый газ.

Это обстоятельство привело к тому, что редукторы углекислого газа выпускают только обратного действия, как более удобные в эксплуатации.

На рис. 2 показан редуктор УР-6 (С) производства завода Торгового оборудования (С.-Петербург). Традиционно этот завод выпускал редуктор УР-6, предназначенный для газирования напитков путем подачи углекислого газа под давлением до 0,6 МПа (6 атм.) в закрытую емкость с во-

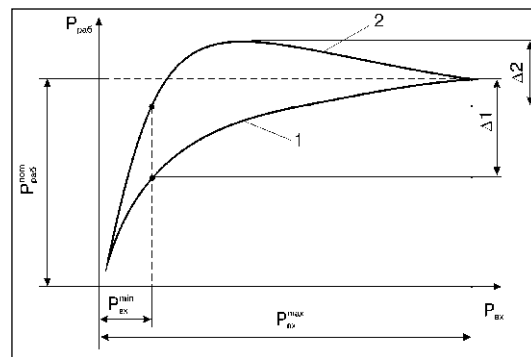


Рис. 1. Зависимость рабочего давления $P_{\text{раб}}$ от давления газа



Рис. 2. Редуктор УР-6 (С)

дой, пивом и др. Очевидно, поэтому его иногда называют «пивной редуктор». Причем редуктор УР-6 не предназначен для регулирования расхода газа, а только для поддержания заданного выходного давления в пределах 0–0,6 МПа (0–6 атм).

В дальнейшем завод Торгового оборудования стал выпускать УР-6 (С) — сва-

рочный редуктор, который внешне не отличается от УР-6, но с помощью таблицы, приведенной в паспорте редуктора, можно определить расход газа в зависимости от показания выходного манометра:

Показания манометра низкого давления, кгс/см²	Расход газа, л/мин
0,8	6
1,3	8
1,8	10
2,4	12
3,0	14
3,6	16
4,2	18
4,8	20

Редуктор УР-6 (С) позволяет отрегулировать расход газа от 6 до 20 л/мин, что вполне достаточно для сварочных полуавтоматов, однако для этого необходимо иметь под рукой паспорт редуктора с переводной таблицей, что не всегда удобно.

СП «КРАСС» (пос. Вырица, Ленинградская обл.) производит редуктор УР-6-6 (рис. 3), который предназначен для понижения и регулирования давления углекислого газа, поступающего из баллона, и автоматического поддержания постоянным заданного рабочего давления газа на выходе из редуктора. Этот редуктор не регулирует расход газа, следовательно в случае его использования для работы со сварочным полуавтоматом настройку подачи углекислого газа можно произвести только по субъективной оценке рабочего.

Следует отметить, что СП «КРАСС» в 2002 г. начал выпуск регулятора расхода газа с указателем расхода — У-30-КР1.

Регулятор расхода газа У-30 производства Барнаульского завода БМЗ (рис. 4) снабжен показывающим прибором с двумя шкалами: черной с пределом измерения 0–12 л/мин и красной — 0–30 л/мин. Для определения расхода газа по черной шкале нужно пропускать выходящий газ через дюзу диаметром 0,6 мм, а по красной шкале — через дюзу диаметром 1,0 мм. Дюзу устанавливают в выходном штуцере расходомера. Данный регулятор позволяет произвести точную настройку расхода углекислого газа в пределах 5–30 л/мин.

Отличительной особенностью регулятора расхода газа немецкой фирмы «KURT HAUFE» (рис. 5) (кроме высокой цены) является возможность его использования для точной регулировки подачи как аргона (красная шкала 0–30 л/мин), так и угле-

Рис. 3.
Редуктор
УР-6-6



Рис. 4.
Регулятор
расхода газа
У-30



Рис. 5.
Регулятор
расхода газа
фирмы
«KURT
HAUFE»





Рис. 6. Регулятор расхода газа «MINI»

Рис. 7. Регулятор расхода газа AP-40/U-30DM



кислого газа (черная шкала 0–28 л/мин) без смены дюзы. Данным регулятором комплектует свои горелки известная фирма AVICOR BINZEL.

В регуляторах расхода газа серии «MINI» итальянской фирмы OXYTURBO (рис. 6) отсутствуют манометры-расходомеры, но благодаря правильно подобранной дюзе и пружинам максимальный расход газа (Ar/CO_2) при полностью накрученном маховике составляет не более 20 л/мин. Этим регулятором можно комплектовать сварочные аппараты для бытовых целей и мастерских.

Универсальные регуляторы расхода газа, аналогичные регулятору фирмы «KURT HAUFE», выпускает и завод автогенного оборудования «ДОНМЕТ» (Краматорск). Это – регуляторы AP-40/U-30DM (рис. 7) с расширенным диапазоном пропускной способности, предназначенные для понижения давления аргона и CO_2 , отбираемых из баллона в процессе сварки. Указатель расхода на расходомере AP-40/U-30DM снабжен двумя шкалами для регулировки подачи: красной – аргона (0–40 л/мин) и черной – углекислого газа (0–30 л/мин).

Кроме того, «ДОНМЕТ» серийно выпускает редуктор-расходомер УР-6ДМ (рис. 8) и расходомер У-30ДМ (рис. 9).



Рис. 8. Редуктор-расходомер УР-6ДМ



Рис. 9. Расходомер У-30ДМ

Редуктор-расходомер аналогичен по своему назначению редуктору УР-6 (С), им можно произвести точную настройку подачи углекислого газа в пределах 0–20 л/мин, используя переводную таблицу:

Давление, кгс/см ²	Расход через дюзу №1 (0,6 мм), л/мин
1	5
2	7,5
3	10
4	12,5
5	15
6	17,5
7	20

Следует отметить, что в случае необходимости потребитель может легко выкрутить дюзу из выходного штуцера и применить УР-6ДМ как обычный редуктор с регулировкой выходного давления углекислого газа 0–0,6 МПа (0–6 атм).

Расходомер У-30 ДМ аналогичен по своему назначению У-30 производства завода БМЗ и рекомендуется для комплектации профессиональных сварочных полуавтоматов. Отличительной особенностью расходомеров производства «ДОНМЕТ» является их повышенная надежность вследствие применения нержавеющей стали в качестве материала для седла клапана.

● #375

Технология газодинамического нанесения металлических покрытий

Часть 2. Применение покрытий

О. Ф. Клюев, А. И. Каширин, А. В. Шкодкин, Т. В. Бuzдыгар, кандидаты физ.-мат. наук, Обнинский центр порошкового напыления (Обнинск, Россия)

В настоящее время разработано несколько типов металлических покрытий на основе алюминия, меди, цинка, никеля, баббитов и др. материалов, которые наносят при помощи напылительного оборудования ДИМЕТ. Физические и технические свойства покрытий, нанесенных ДИМЕТ, удовлетворяют требованиям эксплуатации. Новая технология позволила решить целый ряд задач, типичных для некоторых производственных и ремонтных процессов.

Восстановление утраченных объемов металла. Технология газодинамического нанесения покрытий оборудованием ДИМЕТ — один из наиболее эффективных способов восстановления поврежденных участков разнообразных деталей и изделий, изготовленных из алюминия. В большей степени это обусловлено тем, что из-за низкого тепловложения устранение дефекта не приводит к деформации изделия, возникновению внутренних напряжений,

структурных превращений металла изделия. При этом конструкция оборудования обеспечивает локализованное воздействие на обрабатываемую деталь, не затрагивающее бездефектных участков. Однако эта технология пригодна только в тех случаях, когда не предъявляют высоких требований к твердости и износостойкости наносимых покрытий. С этим ограничением такие покрытия могут быть использованы для устранения дефектов не только деталей из алюминиевых сплавов, но и других металлов. Важно отметить, что низкая энергетика процесса позволяет устранять дефекты и повреждения тонкостенных деталей, восстановление которых другими способами (например наплавкой) просто невозможно.

Устранение дефектов алюминиевого литья (трещин, каверн, свищей, пористости). Наличие дефектов литья во многих случаях не влияет на прочность изделия, но нарушает требуемые геометрические параметры, герметичность или товарный вид изделия. Проблема дефекта литья типична для любого литейного производства. Это приводит к потерям производства из-за брака, которые существенно возрастают после обнаружения скрытых дефектов литья (рис. 1). Применение новой технологии нанесения металлических покрытий позволяет перевести большой процент выявленных дефектов (классифицировавшихся ранее как неустранимые) в разряд устрани-

Рис. 1. Дефект литья, обнаруженный после механической обработки детали

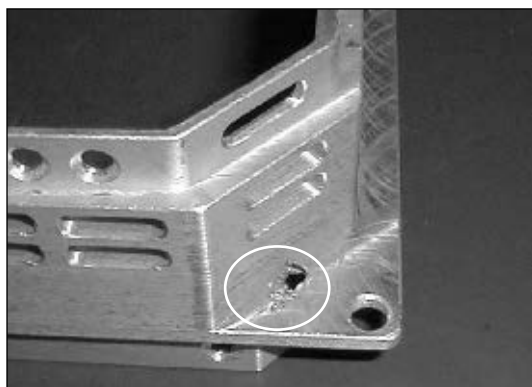
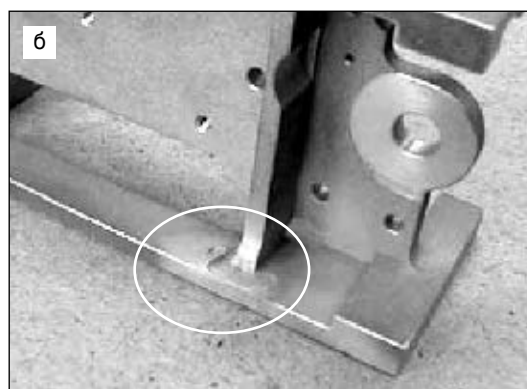
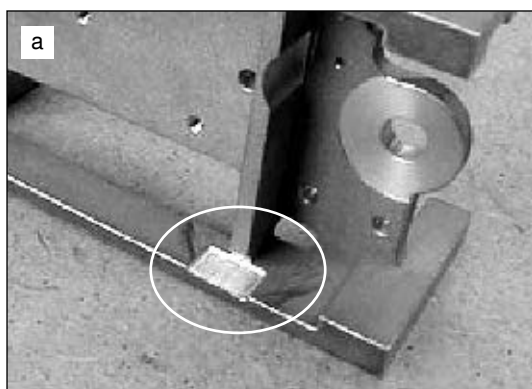


Рис. 2. Исправление ошибки, возникшей при механической обработке детали



мых дефектов и тем самым значительно снизить потери от брака.

Устранение повреждений деталей, узлов и агрегатов машин и механизмов. Повреждения деталей, сопровождающиеся изменением геометрических размеров, существенных для их функционального назначения, могут возникать как в процессе изготовления деталей, так и, прежде всего, при их эксплуатации.

В производстве повреждения возникают из-за ошибок исполнителей при изготовлении деталей (врезания, занижения размеров, смещение координат выполнения пазов, отверстий, фрезерование и сверление лишних пазов, отверстий и т. п.), ошибок при отработке программ на станках с ЧПУ, скрытые дефекты литья. Большинство из указанных дефектов часто обнаруживают на финишных операциях изготовления деталей, т. е. после выполнения большого объема работ (рис. 2, а). Многие подобные дефекты легко устраняют газодинамическим напылением, восстанавливающим недостающий объем металла (рис. 2, б).

Повреждения или износ деталей в процессе эксплуатации. Совокупность свойств и особенностей газодинамических покрытий, характерных для способа их нанесения с помощью оборудования ДИМЕТ, позволяют осуществлять ремонтные технологии, которые невозможно реализовать никакими другими способами. Наглядным примером является технология восстановления посадочных мест подшипников. В процессе эксплуатации механизмов геометрические размеры посадочных мест увеличиваются. Традиционная технология восстановления состоит в применении последовательных операций расточки посадочного места до ремонтных размеров под наплавку, собственно наплавки, повторной расточки до посадочного размера. Технология не поддается унификации прежде всего из-за разнообразия материалов, из которых изготовлены подшипниковые щиты (сталь, чугун, алюминий и др.), требующего в каждом случае применения различных способов наплавки.

Применение оборудования ДИМЕТ позволяет существенно упростить описанную процедуру ремонта. Во-первых, нет необходимости в предварительной расточке посадочного места, так как покрытия могут наноситься непосредственно на изношенную поверхность. Во-вторых, процесс «наращивания» утраченной массы металла

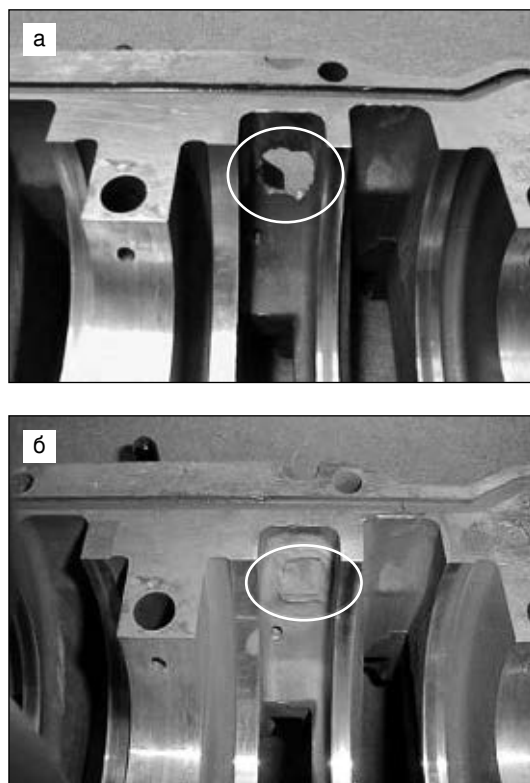


Рис. 3. Устранение механических повреждений (пробоины): а — вид дефекта; б — дефект устранен

унифицируется в силу того, что покрытия оборудованием ДИМЕТ можно наносить на любые металлы, из которых изготовлены подшипниковые щиты. Поскольку покрытия таких щитов испытывают только нагрузки «на сжатие», они могут быть из любого металла, удовлетворяющего требованиям эксплуатации. Опыт практического применения этой технологии для ремонтов подшипниковых щитов подтверждает экономическую эффективность предлагаемой технологии.

Устранение механических повреждений тонкостенных алюминиевых деталей (рис. 3). В результате разрушения шатуна образовалась пробоина в стенке тонкостенного алюминиевого картера двухтактного двигателя, изготовленного литьем под давлением. Малая толщина стенки (2,5 мм), структура литого алюминия и сложная геометрия детали полностью исключали возможность использования для ремонта аргонодуговой сварки.

В данном случае технология ремонта с помощью оборудования ДИМЕТ состояла из двух операций: заделки отверстия механической заглушкой и последующей герметизации шва нанесением алюминиевого покрытия с наружной и внутренней сторон детали. Покрытие обеспечивало необходимую механическую прочность «заплатки» и ее герметичность.

Таблица. Внедрение покрытий и оборудования ДИМЕТ

Отрасль	Покрытия
Аэрокосмический комплекс	Герметизирующие
	Теплоизлучающие
	Для восстановления размеров
Машиностроение (литейное, инструментальное, электротехническое производства, криогенная техника, техника высокого давления, радиоэлектроника, средства связи, ремонт оборудования)	Для восстановления размеров
	Герметизирующие
	Электропроводящие
Металлургический комплекс	Жаростойкие
	Электропроводящие
	Герметизирующие
Атомная энергетика	Антикоррозионные
	Герметизирующие
Судостроение, судоремонт	Антисхватывающие
	Для восстановления размеров
Автомобилестроение, авторемонт	Для восстановления размеров
	Герметизирующие
	Антикоррозионные
Нефтегазовая промышленность	Для восстановления размеров



Рис. 4. Герметизация течей емкостей из термоупрочненного алюминия



Рис. 5. Нанесение медного покрытия на алюминиевые зажимы-соединители для ЛЭП

Как показывает опыт, технология обеспечивает эффективное восстановление рабочих поверхностей различных машин и механизмов, не требующих большой твердости и износостойкости: корпусов, крышек двигателей, редукторов, насосов, компрессоров, пресс-форм для изготовления пластиковой упаковки, резинотехнических изделий, форм для литья и др. Отдельным направлением применения технологии является восстановление геометрических размеров деталей и узлов газоперекачивающих аппаратов магистральных газопроводов.

Герметизация течей жидкостей и газов. Низкие пористость и газопроницаемость покрытий, наносимых с помощью оборудования ДИМЕТ, позволяют использовать их для герметизации течей рабочих газов и жидкостей, когда невозможно использование герметизирующих компаундов. Целесообразным является использование технологии для ремонта сосудов, работающих под давлением или при низких и высоких температурах: элементов криогенных систем, систем охлаждения, емкостей, трубопроводов, теплообменников и т. п. В частности, эффективное применение данной технологии находит при герметизации дефектов сварных швов криогенных емкостей, изготовленных из термоупрочненного алюминия, не допускающего использования технологических процессов с большим тепловложением (рис. 4). Технология позволяет также проводить герметичное соединение трубопроводов высокого давления, изготовленных из несвариваемых материалов, таких, например, как сталь и алюминий. При этом механическую прочность обеспечивают резьбовым соединением, а герметизацию стыка осуществляют металлическим покрытием, наносимым оборудованием ДИМЕТ.

Нанесение электропроводящих покрытий. Оборудование ДИМЕТ технологически просто обеспечивает нанесение металлических покрытий с высокой электропроводностью (алюминиевых, цинковых, медных) на любую металлическую или керамическую основу. Это позволяет применять покрытия для различных электронных и электротехнических изделий, в частности, для нанесения электропроводящих дорожек, полос, контактных площадок на металлические и керамические изделия и детали, подслоев под пайку. Экономически более эффективным (по сравнению с традиционными способами металлизации)

является меднение токопроводящих шин и соединителей, цинкование контактных площадок корпусного оборудования, элементов заземления оборудования, нанесение подслоев под пайку фарфоровых изоляторов, и т. п.) (рис. 5).

Восстановление подшипников скольжения. Традиционная технология ремонта эксплуатационного износа и поврежденных подшипников скольжения состоит либо в полной перезаливке подшипника, либо в локальной заварке дефектов поверхности, что далеко не всегда обеспечивает требуемое качество. Технология нанесения ремонтных баббитовых покрытий с помощью оборудования ДИМЕТ обеспечивает высокое качество покрытия и технологическое удобство его нанесения, в том числе и на локальные участки подшипника.

Антикоррозионная защита. Защиту от низкотемпературной коррозии обеспечивают покрытиями на основе алюминия и цинка. Как показали испытания, покрытия, создаваемые с помощью оборудования ДИМЕТ, отвечают требованиям ГОСТ 28302-89, ГОСТ 9.304-87 и других нормативных документов, по антикоррозионным свойствам превосходят лакокрасочные и многие другие металлические покрытия. Недостаточно высокая производительность оборудования ограничивает возможность его применения для обработки больших площадей. Наиболее целесообразной является антикоррозионная обработка локальных очагов коррозии, небольших деталей, сварных швов.

Наряду с рассмотренными выше разработаны и внедрены на ряде предприятий несколько специальных типов покрытий, которые обеспечивают возможность решения таких задач, как:

- повышение теплоизлучающей способности нержавеющей стали (покрытия с высоким коэффициентом теплового излучения — для сброса тепла нагретыми объектами в условиях космоса);
- предотвращение «схватывания» в резьбовых соединениях, выполняемых из нержавеющей стали;
- изготовление искробезопасного инструмента;
- защита от высокотемпературной коррозии;
- нанесение декоративных покрытий.

В целом можно утверждать, что к настоящему времени накоплен значительный опыт эффективного применения газодинамических покрытий в промышленности.

В *таблице* представлена информация, отражающая практическое использование различных типов покрытий, наносимых с помощью оборудования ДИМЕТ, в разных отраслях промышленности. ● #376

Внимание специалистов

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля
Общество сварщиков Украины
Лугутинский государственный научно-производственный
валковский комбинат

проводят 4-6 ноября 2003 г. в г. Луганске

II Восточноукраинскую научно-техническую конференцию

«СВАРКА, ЛИТЬЕ И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ»

Адрес оргкомитета: 91034, Украина, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а, кафедра сварки и литья
Телефон: (0642) 41-84-73
Факс: (0642) 41-31-60
E-mail: svarka@snu.edu.ua

ПОЛОЦК СТЕКЛОВОЛОКНО

ОАО «Полоцк – Стекловолокно» изготавливает следующую продукцию:

- ◆ Кремнеземные стеклоткани марок КТ-11 и КТ-11-ТО, которые используются для теплоизоляции нагреваемых сварных изделий при термообработке;
- ◆ Высокотемпературные маты, изготавливаемые из тканей КТ-11 и КТ-11-ТО и набивкой из кремнеземного волокна.

Наш адрес:
Промузел Ксты
211400, Полоцк,
Республика Беларусь
тел. +375 214 41-55-61
факс +375 214 43-08-36
market@glass.belpak.vitebsk.by
http://www.polotsk-psv.by/



Ваш надежный поставщик сварочных материалов и оборудования «ESAB»

ГАЗСТРОЙСЕРВИС А

Самый широкий ассортимент товаров на складе в Москве

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| - Электроды | - Оборудование MMA, TIG, MIG/MAG |
| - Проволоки | - Плазменная резка |
| - Присадочные прутки | - Комплектующие и запасные части |
| - Флюсы | - Средства защиты сварщика |
| - вспомогательные материалы | |

Пуско-наладка и демонстрация возможностей продаваемого оборудования

Оказание услуг высококвалифицированным специалистом-сварщиком с возможностью выезда на место проведения работ
Тел.: (095) 979-0005
Тел./факс: (095) 977-6781
E-mail: gazstroy@optitrade.ru
http://www.optitrade.ru/gaz
125422, Москва, ул. Костякова, 10а

Разработка композиционных материалов для активных элементов электродов плазмотронов

А. Н. Шаповал, Государственный инженерный центр твердых сплавов «Светкермет» (Светловодск)

Электрод плазмотрона представляет собой обойму с закрепленным в ней заподлицо активным элементом (вставкой). В качестве материала обоймы используют медь и ее сплавы, имеющие высокие теплопроводность и электрическую проводимость. Активную вставку изготавливают из циркония, гафния и их сплавов. Известно также применение в качестве материала вставки вольфрама, металлокерамических материалов и графита.

Конструктивной особенностью электродов является сравнительно небольшая площадь поверхности активной вставки, которая, как правило, не превышает 2% площади сечения всего электрода. Диаметр активной вставки обычно равен 1–3,2 мм и только в мощных плазмотронах он достигает 7 мм при длине 5–12 мм. Деталь с такими размерами затруднительно разместить в обойме строго по оси, обеспечив при этом хороший контакт и, следовательно, высокую тепло- и электропроводность через боковую и торцевую поверхности. Вместе с тем известно, что эксцентриситет

вставки относительно обоймы не должен превышать 0,1 мм. Эти факторы определяют технологию изготовления электродов и в особенности активных элементов.

Важнейшими показателями, характеризующими ресурс электрода, являются уровни теплопроводности и электрической проводимости через контактную поверхность между вставкой и обоймой, которые обуславливаются технологией изготовления электродов. Совершенствование технологии изготовления электродов и увеличение их эрозионной стойкости позволяют не только сэкономить дорогостоящие электродные материалы, но и повысить производительность плазменных установок за счет сокращения частоты смены электродов, расширить их технические возможности, обеспечить получение продукции повышенного качества и снизить угар металла.

При разработке технологии производства композиционных биметаллических материалов качество электродов оценивалось по состоянию зоны контакта между корпусом и активной вставкой. Контакт считается плотным, если зазор между корпусом и активной вставкой не просматривается при 1000-кратном увеличении. Для выбранного поперечного сечения электрода состояние зоны контакта определялось по величине отношения длины участка без зазора к периметру вставки. Предложенный показатель можно рассматривать как коэффициент плотности контакта.

Не менее важное значение имеет обеспечение надежного контакта между поверхностями корпуса электрода и оболочки. Когда электрод изготавливают из цельного биметаллического прутка, плотный контакт между корпусом и активной вставкой зависит от технологии обработки композита давлением. Из-за больших потерь металла активного сердечника при вытачивании электродов из биметаллического прутка этот вариант технологии не нашел массового применения.

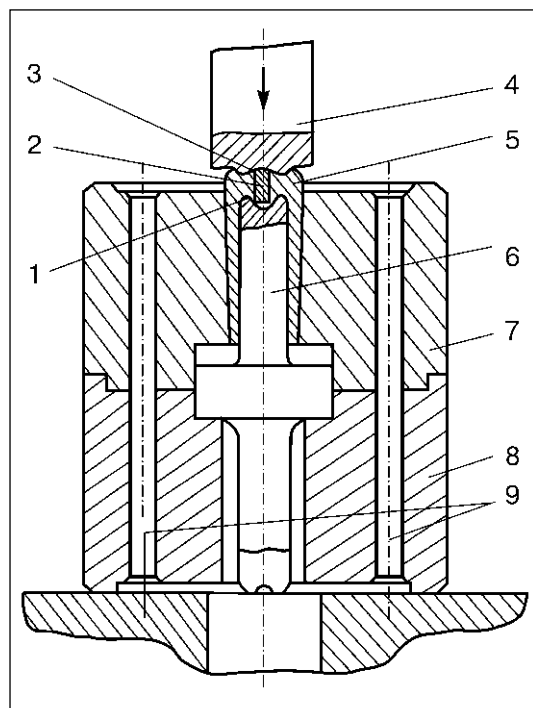


Рис. 1. Пресс-форма

В комбинированном способе изготовления электродов соединение с корпусом активной биметаллической вставки осуществляется методом штамповки.

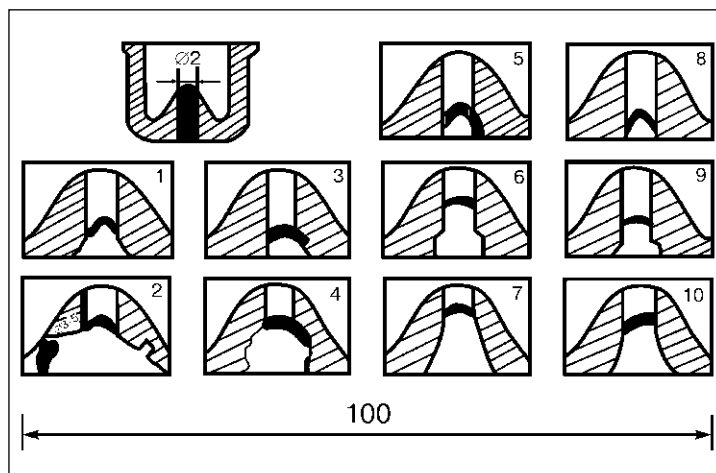
«Светкермет» предложил и реализовал промышленный способ изготовления электрода, согласно которому в процессе запрессовки активного элемента на торцевых поверхностях обоймы формируют кольцевые углубления параболического сечения.

На рис. 1 показана пресс-форма двустороннего действия, обойма которой состоит из двух частей 7 и 8, соединенных штифтами 9. В полости обоймы размещен пуансон 6, рабочие торцы 1 которого имеют параболическую форму. Рабочая поверхность 3 штампа 4 также имеет параболическую форму. В ходе запрессовки активной вставки 2 в корпус 5 электрода на его поверхностях формируются углубления параболического сечения, которые позволяют интенсифицировать, с одной стороны, охлаждение корпуса, с другой, наружной — формирование струи плазмообразующего газа. Кроме того, более глубокое проникновение зоны пластической деформации в процессе штамповки повышает плотность контакта между корпусом и активной вставкой, что улучшает теплофизические характеристики электрода и повышает его ресурс.

Задачу дальнейшего повышения стойкости электродов удалось решить путем применения в качестве активного материала деформируемых сплавов гафния с цирконием, в которые для измельчения структуры добавили до 1% массы ниобия. Учитывая, что гафний с цирконием образует непрерывный ряд твердых растворов, содержание гафния в цирконии может быть любое, вплоть до 87%.

В отечественной практике для электродов, как правило, используют реакторно-чистый цирконий и сплавы на его основе типа 110 и ЭЦ2М. Такие сплавы имеют повышенную цену из-за необходимости очистки циркония от гафния. Вместе с тем примесь гафния является полезной в материале активных вставок электродов, снижая работу выхода электрона. Поэтому для них наиболее целесообразно использовать цирконий, не очищенный от гафния, например, иодидным способом. Содержание гафния в неочищенном цирконии достигает 3%, а стоимость последнего — в 1,5 раза меньше, чем рафинированного.

С учетом этих соображений в ГИЦТС «Светкермет» освоен выпуск биметалличе-



ской проволоки в оболочке из циркониевой бронзы с сердечником из сплава системы «гафний-цирконий-ниобий» (ГЦН) с содержанием компонентов соответственно 29,5–70–0,5% масс. Для получения биметаллической проволоки применена технологическая схема и режимы деформирования как для биметаллического композиционного материала «циркониевый сплав Э110 — циркониевая бронза Бр.Цр 0,1». Из этой биметаллической проволоки изготовлены активные вставки и электроды.

Совместно с В. Г. Осинцевым в ГИЦТС «Светкермет» проведены сравнительные испытания электродов с активными вставками из циркония, биметалла Бр.Цр 0,1–Zr и сплава ГЦН на производственном стенде с аппаратом «Киев-4» при стандартном циклическом режиме работы: продолжительность 60 с, пауза 10 с, напряжение 145–180 В, сила тока 350 А. В процессе испытания фиксировали количество пусков дуги до выхода электрода из строя, а также проводили измерение глубины (с точностью до 0,1 мм) и объема эрозионного кратера путем взвешивания электрода с точностью до 10^{-4} г. Объем кратера характеризовался его средним расчетным диаметром D_k с учетом плотности компонентов и объема вставки. Форму кратера анализировали по продольным микрошлифам (рис. 2). Результаты испытаний приведены в табл. 1.

По результатам испытаний можно заключить, что D_k начинает заметно превышать диаметр активной вставки у электрода № 1 через 3–5 пусков, № 2 — через 10, № 3 — через 60, № 4 — через 100 пусков. При большем количестве пусков наблюдается одновременная эрозия вставки и корпуса. При этом интенсивность эрозии материала корпусов электродов № 1 и 2 была в 2–2,5 раза больше, чем у электродов № 3 и 4.

Рис. 2. Эрозионные кратеры после испытаний на стенде с аппаратом «Киев-4» (1–10 номера партий см. табл. 1)

Форма кратеров электродов № 1 и 2 воронкообразная, а у электродов № 3 и 4 – воронкообразная только до глубины 1,5 мм, что равно толщине рабочей части корпуса, с последующим уступообразным переходом на цилиндрическую диаметром, близким к диаметру вставки, вплоть до 200 пусков. Это объясняется отсутствием металлургической связи компонентов у электродов № 1 и нарушением таковой на рабочем торце электрода № 2, происходящим в процессе точения. При использовании в качестве материала корпуса Бр.Цр 0,1 такого явления не происходит из-за увеличения плотности контакта между компонентами.

Значительное снижение интенсивности теплоотвода от вставок электродов № 1 и 2 и связанное с ним увеличение толщины пленки расплава до 1 мм (против 0,6 мм у электродов № 3 и 4) ведет к выплескиванию части расплава на боковую поверхность кратера. Этому способствует повышенный эксцентриситет вставки электрода № 1. В затвердевшей капле расплава отчетливо просматриваются структурные зоны, в которые медь проникает через участок контакта расплава корпуса с образованием

легкоплавкой эвтектики типа Cu_2Zr . При последующем пуске плазмотрона дуга, как правило, привязывается к этой капле, что вызывает интенсивную местную эрозию корпуса, вплоть до его проплавления насквозь (электрод № 2). Это приводит к выходу из строя деталей плазмотрона (рис. 3).

У корпуса из Бр.Цр 0,1 меньше интенсивность эрозии не только за счет ослабления диффузии меди во вставку, но и за счет улучшения плотности контакта со вставкой. В результате меньше вероятность разрушения корпуса, выше ресурс и надежность работы плазмотрона.

Из рис. 2 и табл. 1 видно, что D_k электродов № 3 и 4 практически не зависит от материала активной вставки и количества пусков. Низкий уровень D_k и хорошо оформленный симметричный кратер имеют существенное практическое значение. Только за счет применения в качестве материала циркониевой бронзы и деформационной технологии изготовления электродов возможно уменьшить толщину рабочей стенки обоймы и допустить большую глубину выгорания электрода при сохранении надежности работы плазмотрона.

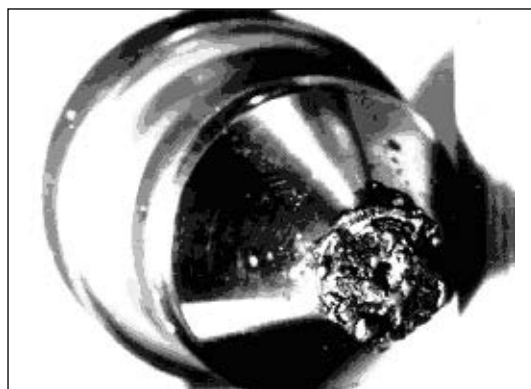
Существенное влияние на форму эрозионного кратера оказывает конструкция электрода. Так, при работе электрода № 2, имеющего в глухонном отверстии корпуса биметаллическую медно-циркониевую вставку диаметром 5×2 мм, образовался цилиндрический кратер с боковой поверхностью по разьему. Это произошло, по-видимому, в результате ухудшения теплоотвода за счет значительного увеличения поверхности разьема, особенно по торцу электрода. Поэтому добиться высокого ресурса у этих электродов не удается.

Наиболее правильную форму имеет кратер комбинированного электрода № 3 с биметаллической вставкой из Бр.Цр 0,1–Zr диаметром 2,5×2 мм, полученной по разработанной технологии. До 25 циклов наружный диаметр кратера не превышает диаметр вставки по оболочке, затем вплоть до 210–230 циклов формируется кратер, близкий к цилиндрическому с диаметром на выходе 3,8–4,4 мм, с плавным переходом на цирконий. В данном случае площадь поверхности разьема, по сравнению с предыдущим вариантом, уменьшена, вставка сквозная, и в процессе горения происходит заваривание контактной поверхности вставки, что повышает теплофизические характеристики электрода.

Таблица 1. Ресурс и параметры кратера электродов

Номер электрода	Номер партии	Материал корпуса и вставки	Количество пусков	Размеры кратера, мм	
				глубина	средний диаметр D_k
1	1	Cu–Zr	10	2,0	3,2
	2		100	3,8	8,0
2	3	Cu–Zr	21	1,5	3,4
	4		100	3,2	3,6
3	5	Бр.Цр 0,1–Zr	90	1,9	2,4
	6		200	3,8	3,7
	7		210	4,0	4,4
4	8	Бр.Цр 0,1–ГЦН	100	1,6	2,2
	9		200	2,5	3,4
	10		260	3,0	3,6

Рис. 3. Разрушение плазмотрона в результате прогорания медно-циркониевого электрода из-за контакта активной вставки с корпусом



Наибольшим ресурсом обладают электроды, полученные по разработанной технологической схеме с активными вставками из сплава ГЦН. Очевидно несомненное преимущество применения циркониевой бронзы как материала корпуса и возможность получения методом совместной пластической деформации активных вставок, обеспечивающих высокий ресурс электродов.

По разработанной технологии освоен промышленный выпуск композиционных активных вставок электродов плазмотронов и электродов улучшенной конструкции.

Широкие промышленные испытания электродов с активными вставками из сплава ГЦН показали, что высокие сварочно-технологические характеристики достигнуты благодаря комплексу факторов — сварке активной вставки с обоймой, малому эксцентриситету вставки, применению в качестве активного материала гафний-циркониевых сплавов, а для обоймы или промежуточной прослойки — циркониевой бронзы.

Эффективным приемом, повышающим ресурс электродов, является введение в конструкцию электрода барьерных слоев между активной вставкой и корпусом. Известен, например, электрод плазмотрона, корпус которого изготовлен из электропроводного материала, а активный элемент с сердечником — из циркониевого сплава. Активный элемент установлен в корпусе с промежуточным тугоплавким слоем из коллоидального графита.

Недостатком данного электрода является недостаточная эксплуатационная стойкость, так как коллоидальный графит, представляющий собой ультрадисперсную суспензию графита в воде, не обеспечивает получения сплошного углеродного слоя, следовательно, неизбежно появляются «мостики» непосредственного контакта материалов активного элемента и корпуса. В результате имеет место взаимный диффузионный массоперенос материалов корпуса и активного элемента, образование локальных участков легкоплавкой эвтектики и выгорание электрода.

Разработан электрод новой конструкции с композиционным барьерным слоем (рис. 4). Повышение его эксплуатационной стойкости достигнуто благодаря нанесению на сердечник подслоя нитрида циркония, промежуточного чистого циркония и внешнего слоя из материала корпуса.

Электрод плазмотрона (см. рис. 4) содержит активный элемент 1, размещенный

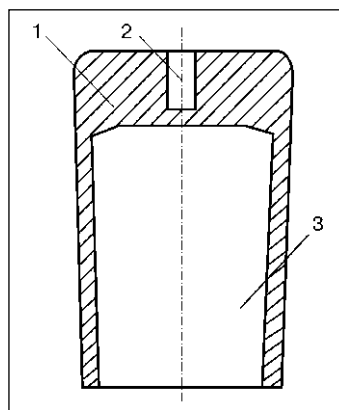


Рис. 4. Электрод плазмотрона

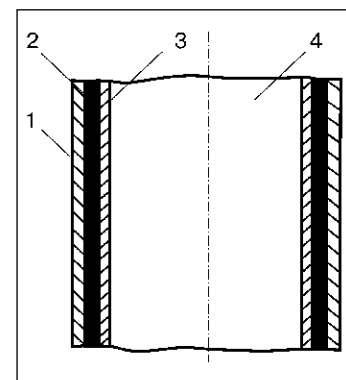


Рис. 5. Активный элемент электрода (продольное сечение)

в корпусе 2, выполненном из материала с высокой теплопроводностью, например из меди, и содержащем полость 3 для подвода охлаждающей воды.

Активный элемент (рис. 5) имеет сердечник 4 из циркониевого сплава, например сплава Э110 (основа — цирконий; 1% масс. ниобия), на который нанесены последовательно подслоя 3 чистого циркония, слой 2 нитрида циркония и внешний слой 1 из материала корпуса электрода, в данном случае — из меди. Активный элемент электрода соединен с корпусом путем запрессовки.

Наличие на поверхности сердечника из циркониевого сплава тонкого подслоя 3 чистого циркония позволяет при горении дуги создать положительный (от центра к периферии) градиент термоэмиссионных свойств активного элемента, что положительно сказывается на его стойкости.

Барьерный промежуточный слой 2 из нитрида циркония предотвращает диффузию материала корпуса электрода в активный элемент. Это обусловлено значительной тугоплавкостью нитрида циркония и его химической инертностью по отношению к близлежащим компонентам электрода.

Внешний слой 1 из меди позволяет повысить степень контакта активного элемента с корпусом электрода при запрессовке, поскольку на поверхность слоя 2 он может быть нанесен предварительно с обеспечением плотного контакта (например, осаживанием), а с корпусом слой 1 соединяется плотно за счет химического сродства их материалов, а также одинаковых физико-механических свойств.

Особенностью конструкции разработанного электрода является то, что отношение толщины барьерного слоя из нитрида циркония к диаметру сердечника составляет 0,002–0,01. При значениях указанного отношения меньше 0,002 абсолют-

Таблица 2. Ресурс электрода с композиционным барьерным слоем

Активный элемент				Корпус	Ресурс электрода (количество зажигания дуги)	Примечание	
Сердечник	Подслой	Промежуточный слой	Внешний слой				
Сплав Э110, диаметр 2 мм	Нет	Коллоидальный графит	Нет	Медь М1	21	А.с. 1012507	
	Цирконий толщиной 2,5 мкм		Нитрид циркония толщиной 2 мкм, $\delta=0,001$		Медь толщиной 10 мкм		52
			Нитрид циркония толщиной 4 мкм, $\delta=0,002$				55
			Нитрид циркония толщиной 15 мкм, $\delta=0,0075$				63
			Нитрид циркония толщиной 20 мкм, $\delta=0,01$				56
			Нитрид циркония толщиной 30 мкм, $\delta=0,015$				53
			Нитрид циркония толщиной 15 мкм, $\delta=0,0075$				60
	Цирконий толщиной 3,5 мкм						60
	Цирконий толщиной 1,5 мкм						60
	Цирконий толщиной 0,5 мкм						57
	Цирконий толщиной 0,2 мкм						55
	Цирконий толщиной 2,5 мкм						54

Примечание. δ — отношение толщины слоя нитрида циркония к диаметру сердечника.

ная толщина барьерного слоя при применении сердечника диаметром 2–2,5 мм становится недостаточной для выполнения барьерных функций. При значениях указанного отношения более 0,01 диффузия материала корпуса в активный элемент прекращается, и дальнейшее увеличение толщины барьерного слоя нецелесообразно.

Толщина подслоя 3 из чистого циркония 0,5–2,5 мкм. Испытаниями установлено, что ее уменьшение ниже 0,5 мкм и увеличение свыше 2,5 мкм не оказывает существенного влияния на эксплуатационную стойкость электрода.

Толщина внешнего слоя 1 из материала корпуса электрода не регламентируется. Электрод плазмотрона получают следующим способом. Из материала с высокой теплопроводностью, например из меди, вытачивают корпус с посадочным отверстием под активный элемент. Активный композиционный элемент получают путем последовательного физического осаждения на сердечник-подложку (проволоку из циркониевого сплава) слоев чистого циркония, нитрида циркония и меди.

Осаждение нитрида циркония можно осуществлять любым из известных способов, позволяющих проводить процесс осаждения при температурах подложки ниже температуры рекристаллизации материала активного элемента (при использовании в качестве материала активного элемента циркония способ должен обеспечить осаждение нитрида циркония при

температуре ниже 860 °С). Один из них — ионно-плазменная конденсация вещества в вакууме ионной бомбардировкой (КИБ), позволяющий осаждать как чистый цирконий, так и нитрид циркония последовательно за один цикл.

Исследования эксплуатационной стойкости электродов разработанной конструкции проведено в сравнении с электродами известного исполнения. Критерием эксплуатационной стойкости принят ресурс электрода — предельное количество зажигания дуги при сохранении целостности рабочего торца электрода.

Результаты испытаний, проведенных на установке ПВР–402УХЛ4 при плазменной резке стали толщиной 6 мм (сила тока резки 400 А, напряжение 180 В, скорость резания 0,12 м/с, длина реза 16,2 м), приведены в *табл. 2*. В ходе испытаний установлено, что ресурс разработанных электродов значительно выше ресурса известных.

Как показали металлографические и рентгеноструктурные исследования зоны эрозионного кратера, повышение ресурса электродов обусловлено в определяющей степени барьерными свойствами слоя нитрида циркония (содержание меди в кратере снизилось в 3–4 раза по сравнению с известными электродами). В то же время эта конструкция электрода плазмотрона характеризуется высокой плотностью контакта между сердечником и упомянутым слоем, чем увеличивается теплоотвод и снижается переходное электросопротивление. ● #377



Новые разработки средств индивидуальной защиты сварщиков

О.В. Гречаный, ЧП «Сварочные технологии» (Киев)

Интересы современной экологии распространяются не только на защиту окружающей среды, но в первую очередь, на защиту здоровья человека. ЧП «Сварочные Технологии» с 1998 года выпускает средства индивидуальной защиты для сварочного производства, механической обработки, металлургической, химической промышленности. Сегодня мы представляем новую разработку фирмы — комплект СИЗ сварщика «Спрут».

Одной из актуальных гигиенических проблем сварочного производства было и остается влияние сварочных аэрозолей (СА) и вредных газов, выделяющихся в процессе сварки, на здоровье человека.

Средства индивидуальной защиты сварщиков — маски и щитки — защищают от ультрафиолетового, инфракрасного излучений, брызг расплавленного металла. Защищаются глаза, лицо и шея сварщика. Незащищенными остаются органы дыхания.

Наиболее эффективными средствами защиты сварщиков можно считать современные наголовные щитки сварщиков, укомплектованные автономными блоками фильтрации и принудительной

подачи воздуха в зону дыхания. Такие системы разрабатывались в Украине и раньше, но серийное производство таких СИЗ до сих пор не налажено. Одной из основных причин, почему такие системы не находят широкого распространения, является экономическая.

При разработке комплекта «Спрут» мы постарались максимально удешевить его, не забывая, однако, и о качестве.

Конструктивно комплект сварщика «Спрут» (рис. 1) состоит из щитка сварщика 1; воздухопровода 2; автономного блока фильтрации и подачи воздуха 3.

Щиток сварщика укомплектован регулируемым автоматическим светофильтром «Хамелеон». Степень регулировки от 8 до 14 ISO, что позволяет сварщику работать на токах от 30 до 600 А. Полное время включения светофильтра 0,2 мс (при 20 °С) и 1,0 мс (при — 10 °С). Светофильтр работает на аккумуляторе и солнечной батарее. Срок службы 5 лет. Внешне светофильтр защищен поликарбонатным стеклом, брызги расплавленного металла или флюса к такому стеклу не прилипают, что позволяет менять его в 10 раз реже по сравнению с обычными стеклами.

«Спрут» может также комплектоваться и обычной маской (рис. 2) с откидным светофильтром.

Подача воздуха в зону дыхания сварщика осуществляется автономным блоком фильтрации и подачи воздуха (БФПВ).

Работает БФПВ по следующему принципу: воздух, всасываемый электрокомпрессором, проходит через фильтры, очищается от СА и газов, под давлением по воздухопроводу подается под щиток сварщика. Для нормального дыхания человеку достаточна подача воздуха в объеме 30–60 л/мин. БФПВ обеспечивает 160 л/мин. Это делается для создания избыточного давления под щитком и скорейшего удаления выдыхаемого человеком воздуха. Избыточное давление воздуха не позволяет проникать СА и газам под щиток, в зону дыхания сварщика.

В качестве фильтрующих элементов на БФПВ установлены стандартные, серийно выпускаемые фильтры от респиратора «Клен», которые обеспечивают фильтрацию как СА, так и газов, выделяемых в процессе сварки. Кроме фильтров, применяемых для MMA и MIG/MAG сварки, блок комплектуется противоозоновыми фильтрами, которые используются при аргодуговой, плазменной сварке, резке, наплавке или напылении.

Присоединение фильтров унифицировано с резьбой стандартных противогазных фильтров (рис. 3), что позволяет использовать БФПВ «Спрут» в помещениях с повышенной загрязненностью воздуха.

Однако не следует забывать, что БФПВ «Спрут» — СИЗ фильтрующего типа, т.е. использование его в среде с содержанием кислорода менее 18% запрещено.

Питание компрессора БФПВ осуществляется металл-гидридной аккумуляторной батареей. Непрерывное время работы блока без зарядки аккумулятора 7 часов. Масса блока 1,1 кг. Крепится блок на поясное ремне сварщика. В комплект поставки дополнительно входят запасные фильтры, зарядное устройство.

Комплект сварщика «Спрут» неоднократно опробован на промышленных предприятиях и показал хорошие эксплуатационные качества. Наше предприятие постоянно совершенствует конструкцию блока. В настоящий момент разрабатывается подогреватель воздуха, который позволит проводить сварочные работы при низких температурах.

Наши изделия постоянно проходят сертификацию. Будем рады сотрудничеству с предприятиями, заинтересованными в нашей продукции.

● #378

ЧП «Сварочные Технологии», 02002 г. Киев ул. М. Расковой, 11, тел. (044) 5169841, 5166496, 5173645.

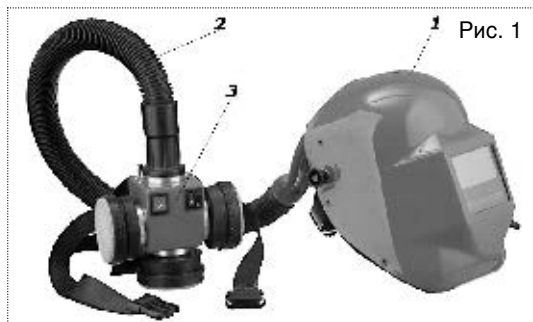


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Печатается на правах рекламы.



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, Международный инженер-сварщик Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Расскажите, пожалуйста, о технологии газопламенной пайки.

Свидрук И. Г. (Винница)

При пайке основной металл не плавится, а нагревается лишь до температуры расплавления припоя, которая значительно ниже температуры плавления основного металла. Такая особенность процесса позволяет использовать пайку для получения прочноплотных соединений не только однородных, но и разнородных металлов. Успешно паяют чугун, углеродистую и легированную стали, медь и ее сплавы, никель, алюминий и большинство конструкционных металлов и сплавов.

Различают два основных вида пайки: высокотемпературную и низкотемпературную. В первом случае применяют припои с температурой плавления выше 550 °С, а во втором — ниже 550 °С.

Высокотемпературную газопламенную пайку выполняют стандартными горелками, работающими на смеси горючего газа с кислородом. В качестве горючего газа

можно использовать как ацетилен, так и пропан-бутан, газ МАФ и др.

Низкотемпературную пайку можно выполнять как с использованием газоздушных горелок, так и промышленных электрических фенов.

Решающее влияние на качество пайки оказывает состав припоя и флюса, тип соединения и техника пайки.

Припои. Как правило, при низкотемпературной пайке используют припои с температурой плавления до 350–400 °С, а при высокотемпературной — выше 650 °С.

Для низкотемпературной пайки наибольшее применение находят оловянисто-свинцовые припои (табл. 1), а для высокотемпературной — серебряные, медно-цинковые и медно-фосфоритовые припои (табл. 2).

Серебряные припои можно применять при пайке всех черных и цветных металлов, кроме алюминия и цинка. Медно-цинковые припои используют преимущественно для пайки стали, чугуна, меди, бронзы и никеля. Лучшие результаты дает припой ЛОК62-06-04.

Таблица 1. Припои для низкотемпературной пайки

Марка или состав	Область применения	Комментарий специалиста
Оловянисто-свинцовые		
ПОС-90	Лужение и пайка внутренних швов медицинской аппаратуры и оборудования для пищевой промышленности	—
ПОС-61	Лужение и пайка электро- и радиоаппаратуры, печатных схем точных приборов	Для пайки высокогерметичных швов, не допускающих перегрев
ПОС-40	Лужение и пайка деталей из оцинкованного железа, латуни и медных проводов	—
ПОС-10	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле	—
ПОСС-4-6	Лужение и пайка белой жести, железа, латуни, меди, свинца	При наличии клепаных замочных швов, заделка вмятин в кузовах автомашин
Оловянисто-цинковые		
Олово 45%, цинк 50%, алюминий 5%	Пайка алюминия	Паяные швы склонны к коррозии

Таблица 2. Припои для высокотемпературной пайки

Марка или состав	Область применения	Комментарий специалиста
Серебряные		
ПСр-10	Пайка деталей, подвергающихся последующему нагреву до 800 °С	—
ПСр-12	Пайка меди и латуни с содержанием 58% меди	—
ПСр-25	Пайка мелких деталей	Для деталей, требующих чистоты места спая и высоких пластических свойств
ПСр-45	Пайка ответственных медных и бронзовых деталей	Для деталей, требующих сохранения высокой электропроводности и пластичности спая
ПСр-65	Пайка ленточных пил	—
ПСр-70	Пайка токоведущих частей	—
Медно-цинковые		
ПМц-36	Пайка латуни Л59 и Л58-1; легированных латуней	—
ПМц-48	Пайка латуни Л62	—
ПМц-54, Л62	Пайка меди, бронзы, стали	—
ЛОК62-06-04	Пайка деталей из стали и чугуна	—
Л63, Л68	Пайка углеродистых сталей и меди	—
МЦН 48-10, ЛК62-50, ЛОК59-1-03	Пайка серого чугуна	—
Медно-фосфористые		
ПМФОПр6-4-0,03	Пайка меди и ее сплавов	Заменитель припоев на основе серебра типа ПСр-40 и др.
Кремне-медно-алюминиевые		
Кремний 6%, медь 28%, алюминий 66% № 34	Для пайки алюминия и его сплавов	Паяные швы обладают удовлетворительной стойкостью против коррозии

Медно-фосфористые припои являются заменителями припоев на основе дефицитного серебра и низкотемпературных припоев при пайке меди, латуни и бронзы. При пайке меди эти припои не требуют флюса, однако из-за хрупкости соединений, выполненных с применением медно-фосфористых припоев, их нельзя использовать в конструкциях, работающих при ударных нагрузках.

Большинство припоев выпускают в виде прутков, проволоки, порошков или полос. Медно-цинковые припои из-за повышенной хрупкости поставляют в виде зерен различной грануляции.

Флюсы. Назначение флюса: предохранить припой и основной металл от окисления; растворить оксиды, образующиеся в процессе пайки; способствовать смачиванию металла расплавленным припоем за счет снижения его поверхностного натяжения. Состав некоторых промышленных флюсов для низко- и высокотемпературной пайки приведен в табл. 3 и 4.

Конструкция паяных соединений.

Прочность паяного соединения во многом зависит от площади спая и взаимной под-

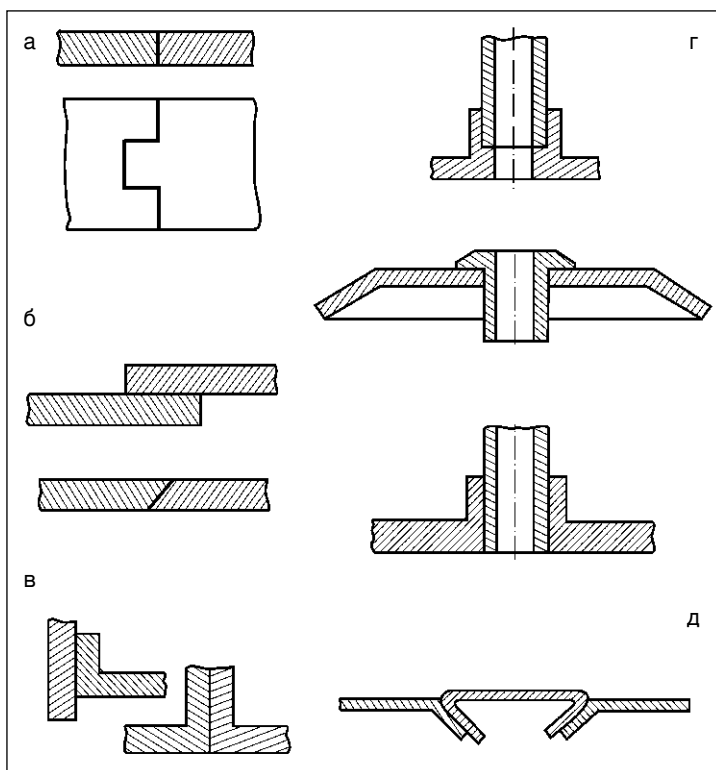


Рис. 1. Типы паяных соединений: а — стыковые; б — нахлесточные; в — с отбортовкой; г — втулочные; д — специальные

гонки соединяемых деталей, т. е. от величины зазора между ними. При пайке рекомендуют применять соединения, показанные на рис. 1. В основном применяют нахлесточные соединения, поскольку, увеличивая величину нахлеста, легко повысить прочность соединения. Для улучшения механических свойств стыкового соединения практикуют увеличение рабочего сечения за счет применения косого или зубчатого стыка.

Тавровые соединения при пайке применяют очень редко. Пайку широко используют при получении трубчатых соедине-

ний (рис. 2): *а, б* — когда допускается увеличение наружного диаметра трубы; *в* и *г* — при необходимости его сохранения. Зазор между соединяемыми деталями при пайке должен быть минимальным для улучшения заполнения его расплавленным припоем под действием капиллярных сил. Рекомендуемые зазоры в деталях, изготовленных механической обработкой или штамповкой, приведены в табл. 5.

Техника пайки. При низкотемпературной пайке очищенные детали предварительно подвергают лужению, собирают, наносят

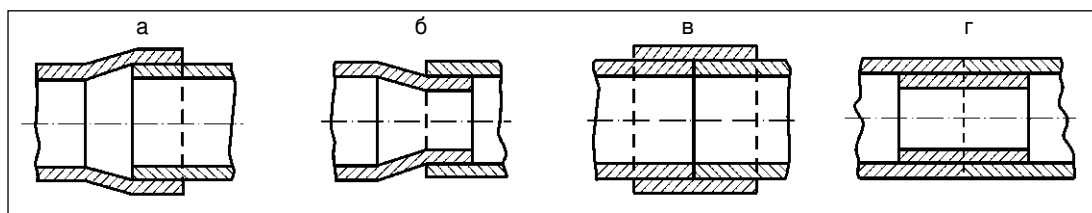


Рис. 2. Вид трубчатых соединений

Таблица 3. Флюсы для низкотемпературной пайки

Состав флюса	Область применения
Канифоль	Пайка меди и ее сплавов
Хлористый цинк 25–30%, хлористый аммоний 5–20%, вода 50–70%	Пайка железа, стали, меди, медных сплавов
Насыщенный раствор хлористого цинка в соляной кислоте	Пайка нержавеющей стали
Хлористый цинк 85%, хлористый аммоний 10%, фтористый натрий 5%	Пайка алюминия

Таблица 4. Флюсы для высокотемпературной пайки

Состав или марка	Область применения	Комментарий специалиста
Бура 100% (кристаллическая или плавленая)	Пайка меди, латуни, бронзы, стали, чугуна	Припои, медно-цинковые и серебряные
№ 7	То же	То же
№ 209	Пайка конструкционных нержавеющей и жаропрочных сталей	—
№ 284	Пайка стали, никелевых и медных сплавов	Припои серебряные
Бура 40%, борная кислота 40%, сода 20%	Пайка латуни и меди	—
Борная кислота 50–60%, углекислый литий 20–25%	Пайка чугуна	Припои латунные
Калий фтористо-водородный 45–55%, борная кислота 55–45%	Пайка сверхтвердых сплавов и высокоуглеродистой инструментальной стали	—
Борная кислота 60–80%, бура 5,25%, фтористый калий 4–10%, фторборат калия 2–8%, фтористый литий 1,5%	Пайка меди с нержавеющей сталью	Флюс в виде пасты при нагреве и растворении солей в воде в отношении 4:1
Бура 15–20%, хлористое олово 5–15%, фтористый кальций 10–50%, жидкое стекло 5–50%, борная кислота 10%, вода 5–25%	Пайка меди и ее сплавов	Флюс в виде пасты при смешении с порошком припоя
Бура плавленая 50%, борная кислота 50%	Пайка нержавеющей стали	Флюс в виде пасты на растворе хлористого цинка
№ 34	Пайка алюминия	—
Фтористый натрий 8–10%, хлористый барий 10–15%, хлористый натрий 15–20%, хлористый цинк 30–40%, хлористый кальций — остальное	Пайка алюминиевого литья	Для заделки трещин

Таблица 5. Рекомендуемые зазоры при газопламенной пайке металлов

Тип припоя	Зазор при пайке, мм		
	меди и ее сплавов	стали	алюминия
Серебряный	0,05–0,25	0,03–0,12	—
Медно-цинковый	0,06–0,3	0,12	—
Латунный	0,075–0,3	0,12	—
Низкотемпературный (оловянно-свинцовый)	0,05–0,15	0,05–0,15	—
Высокотемпературный (кремне-медно-алюминиевый)	—	—	0,1–0,3

Таблица 6. Последовательность операций и техника высокотемпературной пайки газовым пламенем

Стадия процесса	Наименование операции при пайке	Комментарий специалиста
Подготовка к пайке и установка деталей	Очистить детали в месте спая от грязи, окислов, окалины и жира механическим или химическим путем	Механическая очистка щетками, наждачной шкуркой тонких размеров; химическая очистка травлением в кислотах с тщательной промывкой и сушкой. Пескоструйная очистка не рекомендуется
	Произвести лужение поверхности металла в месте спая (при возможности) для лучшего затекания припоя в зазор. Закрепить детали в кондукторе или приспособлении так, чтобы место под пайку было в горизонтальной плоскости и в зоне действия вытяжной вентиляции. Установить необходимый зазор и величину перекрытия деталей (при нахлесточном соединении)	—
Нагрев и обработка поверхности флюсом	Отрегулировать нормальное пламя с учетом упомянутых выше значений удельной мощности для различных металлов. Нагреть место спая факелом пламени горелки до температуры растекания припоя и нанести на место пайки флюс. Слегка разогреть пламенем припой и покрыть его флюсом (окунанием или насыпкой)	—
Пайка деталей	Ввести в спай припой после расплавления флюса и расплавить припой за счет теплоты нагретых деталей путем касания прутом припоя края детали. Произвести пайку деталей, расплавляя пруток трением его о нагретую поверхность, с периодическим окунанием конца припоя во флюс до заполнения зазора и образования галтели (шва)	Припои не должны плавиться в пламени
Окончание пайки	Отвести пламя в сторону и обеспечить медленное охлаждение паяных деталей. Очистить шов от флюса тщательной промывкой паяного соединения в теплой воде протиркой чистой материей после полного затвердения припоя. Произвести правку изделия и термообработку паяного соединения, если в этом имеется необходимость	Цветные металлы можно после пайки охлаждать в воде. Флюс, состоящий из буры, удаляют травлением в 10%-м растворе серной кислоты и последующей промывкой в воде

на поверхность припоя флюс и расплавляют припой пламенем горелки. Расплавленный припой затекает в зазор или на соединяемые детали, после чего пламя отводят, чтобы обеспечить охлаждение.

Высокотемпературную пайку выполняют газовым пламенем нормального состава. Возможен небольшой избыток горючего. Удельная мощность пламени (по ацетилену), л/(ч·мм): для углеродистой стали — 100–200, нержавеющей — не более 70, меди — 150–200, латуни — 100–120. При использовании газов-заменителей необходимо учитывать коэффициент замены для соответствующего газа и расход кислорода,

обеспечивающий нормальное пламя. Детали нагревают факелом пламени — зоной, находящейся на расстоянии 20–30 мм от ядра. Это не допускает перегрева металла. Пламя следует всегда направлять на деталь, имеющую наибольшую толщину и теплопроводность (при пайке разнородных металлов).

Диаметр или ширину припоя (при использовании полос) выбирают из расчета, что они должны быть равны 1–3 толщины наиболее тонкого элемента спаиваемых деталей. Последовательность операций и техника высокотемпературной пайки приведены в табл. 6.

● #379



Подтверждение соответствия технологических процессов сварки ответственных металлоконструкций требованиям ДСТУ 3951

Ю. К. Бондаренко, С. Л. Жданов, В. М. Илюшенко, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, З. Я. Горинова, инж., ГП НТЦ «СЕПРОЗ» НАН Украины

При изготовлении большинства конструкций тяжелого машиностроения и автомобилестроения, энергетического оборудования, трубопроводов и строительных конструкций широко используют сварочные процессы.

В стандартах серии систем качества ДСТУ ISO 9000 современный менеджмент определяет сварку как «специальный процесс», при котором верификация результатов испытаний продукции выполняется не в полном объеме. В связи с этим для повышения качества сварных конструкций с целью обеспечения их безопасной эксплуатации необходимо осуществлять контроль, начиная со стадии проектирования и заканчивая производством, включая контроль качества изделий.

С июля 2000 года в Украине введены в действие три части национального стандарта ДСТУ ISO 3951–2000, гармонизированного с международными документами ISO 9956 и европейскими нормами EN 288. Стандарт устанавливает правила и порядок оценки уровня качества и безопасности технологических процессов сварки для обеспечения эксплуатационных свойств сварных соединений.

ДСТУ ISO 3951–2000 используется при подтверждении соответствия технологических процессов сварки требованиям конструкторской и нормативной документации (ГОСТ, ГСТУ, ГНАОТ, ТУУ) или техническим условиям, определенным контрактом на изготовление, ремонт монтаж и безопасную эксплуатацию сварных конструкций.

Среди существующих схем подтверждения технологических процессов сварки наиболее широко используется в международной практике схема, предусматривающая предварительное испытание технологических процессов (ДСТУ 3951.–32000). Испытания технологических процессов сварки включают измерение параметров режимов сварки, а также подогрева и термообработки

(при необходимости) с последующим разрушающим и неразрушающим контролем.

Ниже приведена форма Технологической инструкции по сварке (WPS), которая содержит все необходимые параметры процесса сварки и составляется в соответствии с ДСТУ 3951.2–2000. Эта инструкция по ISO 9956, необходимая для обеспечения планирования сварочных работ и контроля качества работы сварщика во время и после сварки, является неотъемлемой частью технической документации системы управления качеством на предприятии для изготовления, ремонта и монтажа объектов повышенной опасности. При планировании до начала производства сварочных операций должна быть обеспечена подготовка Технологических инструкций по сварке для всех сварных соединений. До подтверждения соответствия Технологическая инструкция по сварке (WPS) классифицируется как предварительная (pWPS).

Дополнительно к Технологической инструкции по сварке (WPS) при необходимости предприятие может подготовить подробные рабочие инструкции, которые будут использоваться в процессе производства. Все значения сварочных параметров в рабочей инструкции должны в полной мере отвечать значениям, указанным в Технологической инструкции по сварке (WPS).

Все указанные выше технологические документы или их ксерокопии должны находиться на рабочем месте сварщика.

Опыт работ по испытанию технологических процессов сварки для подтверждения их соответствия требованиям ДСТУ 3951–2000 накоплен в ИЭС им. Е. О. Патона совместно с аккредитованным органом по сертификации продукции ГП НТЦ «СЕПРОЗ» НАН Украины. Ниже приведен список предприятий Украины, прошедших процедуру подтверждения соответствия технологических процессов сварки.

Созданная с этой целью и аккредитованная на техническую компетентность «Испытательная лаборатория технологических процессов сварки» (аттестат UA 6.001.T099) действует согласно Разрешению №055.ПР.97

и приказу Госнадзорохрантруда (№140 от 10.07.98) и проводит работы по испытанию для подтверждения соответствия (легализации) технологических процессов сварки. ● #380

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО СВАРКЕ (WPS)

Место выполнения сварки _____
(цех, рабочее место)

Технологическая инструкция по сварке (WPS) _____ Аудитор или орган по сертификации _____

№ _____

Протокол подтверждения соответствия Технологического процесса сварки (WPAR) _____

№ _____

Изготовитель (код ЄДРПОУ и название предприятия) _____

Обозначение основного материала по ГОСТ, ДСТУ или ТУУ _____

Толщина материала (мм) _____

Внешний диаметр (мм) _____

Положение сварки _____

Подготовка соединяемых элементов (эскиз) _____

Последовательность выполнения сварки _____

Тип и конструкция соединения (эскиз) _____

Параметры сварки

Проход	Способ	Размер присадочного металла	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Род тока, полярность	Скорость подачи проволоки, м/ч	Длина прохода электродом (скорость), мм	Погонная энергия, кДж/см

Обозначение сварочных материалов _____

Дополнительная информация (при необходимости):
поперечное колебание электрода (максимальная ширина прохода) _____

Газ, флюс:
для защиты _____
для подкладки _____

Параметры колебания электрода:
амплитуда, частота, время остановки _____

Расход газа:
для защиты _____
для подкладки _____

Параметры импульсной сварки _____

Вольфрамовый электрод:
обозначение, размер _____

Размеры удаляемого корня шва или подкладки _____

Расстояние от контактного наконечника к поверхности изделия _____

Температура предварительного подогрева _____

Температура шва между проходами _____

Параметры плазменной сварки _____

Термообработка после сварки и/или старение _____

Угол наклона горелки _____

Температура, продолжительность, метод нагрева _____

Скорость нагрева и охлаждения (при необходимости) _____

Изготовитель _____
ФИО, дата и подпись

Аудитор или орган по сертификации _____
ФИО, дата и подпись

Печать

Печать

Список предприятий Украины, выполнивших процедуру подтверждения соответствия технологических процессов сварки требованиям ДСТУ 3951–2000

Предприятие	Город	Работы, выполняемые предприятием с применением сварки
ДП тепловых сетей «Луцктеплокоммунэнерго»	Луцк	Монтаж и ремонт паровых и водогрейных котлов, трубопроводов пара и горячей воды, технологических газопроводов, сосудов, работающих под давлением
ДП «Югэнергоресурс»	Никополь	Изготовление паровых котлов
«Крюковский вагоноремонтный завод»	Кременчуг	Монтаж и ремонт грузоподъемных кранов паровых и водогрейных котлов, трубопроводов пара и горячей воды
Райэнергоуправление ГХК «Александріяуголь»	Александрія	Ремонт поверхностей нагрева котлов, пакетов змеевиков водяного экономайзера, пароперегревателя, экранных, подъемных и кипятильных труб, трубопроводов
АО «Киевэнергоремонт»	Киев	Монтаж и ремонт котлов, трубопроводов пара и горячей воды, технологических газопроводов, сосудов, работающих под давлением, грузоподъемных кранов и строительных металлоконструкций
«Криворожтеплосеть»	Кривой Рог	Ремонт теплоэнергетического оборудования
Акционерная энергоснабжающая компания «Киевэнерго»	Киев	Изготовление и ремонт оборудования и запчастей для энергетического оборудования в филиалах компании
Дочернее предприятие завод «Техмаш» ОАО «Ориана»	Калуга	Изготовление и ремонт сосудов, работающих под давлением
ОАО «Азовобщемаш»	Мариуполь	Изготовление и ремонт объектов повышенной опасности
Снежнянский маш. завод ОАО «Мотор Сич»	Снежное	Изготовление и ремонт паровых котлов
Криворожский завод горного оборудования	Кривой Рог	Ремонт грузоподъемных кранов и сосудов, работающих под давлением
ОАО «Полтавский ГОК»	Комсомольск	Ремонт водогрейных котлов
ОАО «Авдеевский коксохимический завод»	Авдеевка	Изготовление и ремонт труб поверхностей нагрева, трубопроводов в границах котла, трубопроводов пара и горячей воды
ОАО «ДнепроАЗОТ»	Днепродзержинск	Изготовление, ремонт и монтаж объектов повышенной опасности
ОАО «Полтавамаш»	Полтава	Изготовление и ремонт сосудов, работающих под давлением, и котлов парообразователей
Восточный ГОК	Желтые Воды	Изготовление и ремонт грузоподъемных кранов, трубопроводов пара и горячей воды, паровых и водогрейных котлов
ООО «Кран»	Канев	Ремонт грузоподъемных кранов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды, паровых и водогрейных котлов
Дочернее предприятие «Вольногорский государственный ГОК»	Вольногорск	Изготовление, ремонт и монтаж сосудов, работающих под давлением, паровых и водогрейных котлов, трубопроводов пара и горячей воды; грузоподъемных кранов
ОАО «Полтаваоблэнерго»	Полтава	Изготовление, ремонт и монтаж котлов, трубопроводов пара и горячей воды, газопроводов
«Укргазпромстрой»	Полтава	Изготовление и ремонт нефтегазопроводов, технологических трубопроводов, трубопроводов газоснабжения, компрессорных и насосных станций
Завод «Красный Луч»	Красный Луч	Изготовление парового стерилизатора
КБ «Южное»	Днепропетровск	Изготовление паровых и водогрейных котлов
Никопольский маш. завод	Никополь	Ремонт грузоподъемных кранов
ОАО «Укрстальконструкция»	Киев	Изготовление, ремонт и монтаж металлоконструкций
ОАО «Крымтеплокоммунэнерго»	Симферополь	Изготовление и ремонт паровых и водогрейных котлов
ЗАО «Никопольский ремонтный завод»	Никополь	Изготовление, ремонт и монтаж сосудов, работающих под давлением, паровых и водогрейных котлов, трубопроводов пара и горячей воды; грузоподъемных кранов
ООО фирма «Экоремстрой»	Ровно	Изготовление стальных цилиндрических резервуаров
ЗАО НТЦ «Промтехдиагностика»	Ивано-Франковск	Изготовление сосудов, работающих под давлением, паровых и водогрейных котлов, магистральных трубопроводов

Семену Яковлевичу Шехтеру — 80 лет

1 октября 2003 г. исполнилось 80 лет кандидату технических наук Семену Яковлевичу Шехтеру — известному специалисту в области металлургии, сварки и наплавки, бывшему руководителю отдела сварки ДонНИИчермет в Алчевске Луганской обл.

Родился С. Я. Шехтер в Запорожье, там и закончил в 1941 г. среднюю школу. Война диктовала свои законы, и в первый же месяц Семен Яковлевич поступает в Ленинградское артиллерийское училище. После его окончания он воюет на фронтах Великой Отечественной войны, участвует в боях за освобождение Беларуси и Польши. Был ранен на Наревском плацдарме. В 1947 г. демобилизовался из армии в звании старшего лейтенанта и поступил учиться в Запорожский индустриальный институт, после окончания которого в 1952 г. был направлен на работу на Коммунарский (ныне Алчевский) металлургический комбинат. На комбинате в короткий срок Семен Яковлевич прошел путь от мастера до начальника цеха ремонта прокатных станов.

В послевоенные годы остро стояла проблема ремонта и увеличения срока службы различного металлургического оборудования. И очень своевременным оказалось предложение ученых ИЭС им. Е. О. Патона — внедрить на комбинате износостойкую наплавку прокатных валков. В результате применения дуговой наплавки порошковой проволокой ПП-Нп-35В9ХЗСФ срок службы валков увеличился более чем в два раза, возросло качество проката. Первый успех при восстановлении прокатных валков успокоил скептиков и убедил руководство комбината в больших возможностях тесного союза ученых и производственников. Быстро расширялась номенклатура наплавляемых прокатных валков. Для наплавки крупных валков листопрокатных станов в цехе, руководимом С. Я. Шехтером, была спроектирована и смонтирована уникальная высокопроизводительная четырехдуговая установка. По результатам научно-исследовательских работ, касающихся наплавки прокатных валков на Коммунарском меткомбинате, начальник цеха ремонта прокатных станов С. Я. Шехтер в 1969 г. защитил в ИЭС им. Е. О. Патона кандидатскую диссертацию.

Несмотря на значительную производственную загруженность, С. Я. Шехтер проявляет большой интерес к новым разработкам, оригинальным техническим решениям. По его инициативе в цехе ремонта прокатных станов создается лаборатория сварки и наплавки, которая работает в тесном контакте с учеными ИЭС им. Е. О. Патона. Такое взаимодействие обеспечивало быстрое продвижение новых разработок на комбинате. В цехах начинают использовать электрошлаковую сварку и наплав-

ку, плазменную резку, наплавку уникальных конусов и чаш доменных печей и т. д. В те годы на комбинат направлялись многие сотрудники института электросварки. Как вспоминает С. Я. Шехтер, сотрудников ИЭС им. Е. О. Патона И. И. Фрумина, И. К. Походню, В. И. Лакомского, Ю. А. Юзвенко, И. И. Сущук-Слюсаренко, И. И. Лычко, В. П. Субботовского и многих других на комбинате знали так же хорошо, как и в институте.

В 1970 г. также по инициативе С. Я. Шехтера и большой поддержке ИЭС им. Е. О. Патона на комбинате была создана Центральная научно-исследовательская лаборатория сварки. Возглавил лабораторию Семен Яковлевич. В 1978 г. лаборатория была преобразована в отдел сварки Донецкого научно-исследовательского института черной металлургии. С. Я. Шехтер был бессменным руководителем этого отдела до 1992 г. В этот период лабораторией, а затем отделом сварки при тесном сотрудничестве с ИЭС им. Е. О. Патона и другими научно-исследовательскими институтами были разработаны и внедрены на различных предприятиях страны: технология и оборудование для плазменно-дугового переплава титановых отходов, передовые технологии дуговой наплавки стальных прокатных валков различных типов, деталей засыпных аппаратов доменных печей, других деталей металлургического оборудования, технологии электрошлаковой сварки и наплавки деталей металлургического оборудования, плазменной резки, печной наплавки композиционных сплавов и др.

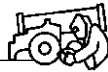
За разработку и внедрение технологии плазменно-дугового переплава титановых отходов коллектив авторов, в числе которых был С. Я. Шехтер, в 1981 г. был удостоен Государственной премии Украины в области науки и техники. Семен Яковлевич является автором около ста научных работ, в числе которых четыре монографии и более двадцати патентов. Он удостоен нескольких правительственных наград.

В 1992 г. Семен Яковлевич переходит на работу на кафедру металлургического оборудования Донбасской горно-металлургической академии в Алчевске и до 1995 г. передает свой богатый опыт инженера и ученого студентам этого вуза.

В том же году С. Я. Шехтер уходит на пенсию и возвращается в родной город — Запорожье. Активная жизненная позиция, большая энергия и работоспособность не позволяют Семену Яковлевичу вести жизнь обычного пенсионера. Он поддерживает связи с металлургическими предприятиями Запорожья — заводом «Днепрспецсталь» и металлургическим комбинатом «Запорожсталь», ведет общественную работу в организации пенсионеров «Хесед».

Совет Общества сварщиков Украины, редакционный совет, редколлегия и редакция журнала «Сварщик» сердечно поздравляют юбиляра и от всей души желают ему здоровья и счастья!





50 лет цельносварному мосту им. Е. О. Патона

А. Н. Корниенко, ИЭС им. Е. О. Патона

Мостовые конструкции по праву можно отнести к древнейшим сооружениям. В принципе мост — это балка, называемая мостовым переходом, лежащая или висящая на опорах. При необходимости балок и опор может быть несколько. Конечно, мосты должны быть прочными, выдерживать эксплуатационные нагрузки, но уже с древнейших времен строители старались сделать их красивыми.

Многие века дерево и камень были основными строительными материалами, однако с XVI в. мостостроители начинают применять металл — чугунное литье, а затем и стальной прокат. Основным способом соединения элементов моста становится клепка. Мостостроение превратилось в одну из самых металлоемких отраслей производства. Поэтому замена заклепочных или болтовых соединений на сварные, хотя бы только для изготовления элементов пролетов, могла дать ощутимую экономию металла и снижение трудоемкости. Тем не менее, мостостроители не спешили использовать новую технологию. Сомнения вызывала надежность и работоспособность сварных узлов.

С 1928 г. мосты с использованием дуговой сварки начали сооружать под руководством В. П. Вологодина. Во Владивостоке четыре сварщика за 25 дней построили сварной мост с пролетом 25,08 м. По-видимому, это был первый сварной мост в Азии.

Первый в СССР железнодорожный мост с цельносварными сквозными фермами с пролетом 12 м был построен в 1922 г. на Калининской железной дороге по проекту ЦИС НКПС. Конструкция пролетного строения полностью повторяла клепаную. Сварку выполняли электродами с меловой обмазкой.

В 1930 г. недалеко от Ловича (Польша) был сооружен сварной мост через р. Слюд-

вию с пролетов 16,8 м и прямыми главными балками. В начале 1930-х гг. были сварены мосты через канал Альберта в Бельгии, а также в Дрездене (Германия).

Мостовые конструкции работают при значительных переменных и динамических нагрузках, часто при низких температурах, при этом низкое качество металла шва, деформации и напряжения увеличивают риск образования трещин. Противников новой технологии было немало, так как по мере расширения производства сварных конструкций увеличивалось число аварий, накапливались сведения о недостатках сварки.

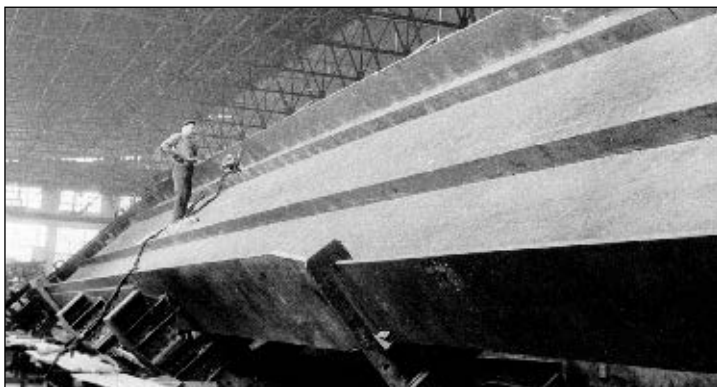
Отрицательным примером применения сварки в мостостроении стали крушения мостов в ряде стран Западной Европы (в Германии, Бельгии и др.).

Именно в этот период к решению проблем сварки металлических конструкций подключился академик Евгений Оскарович Патон. Естественно, что в центре внимания известного в мире мостостроителя оказались и сварные мосты. В 1929 г. Е. О. Патон организовал Сварочный комитет и Лабораторию электросварки при ВУАН, в 1934 г. — Институт электросварки.

Е. О. Патон впервые в мире разработал комплексную программу исследований проблем производства сварных конструкций. Уже в 1930–1931 гг. им проведены широкие исследования прочности, разработаны принципы конструирования и порядок изготовления сварных узлов, в том числе и мостовых перекрытий. Вскоре в институте начинают работы по созданию качественных электродов и автоматизации дуговой сварки. К концу 1939 г. в ИЭС был создан отечественный способ автоматической сварки под слоем флюса.

В 1940 г. правительство рассматривало проект нового автодорожного моста через р. Днепр в Киеве. Е. О. Патон предложил доработать этот проект с целью применения автоматической сварки при изготовлении его пролетных строений. Предложение было принято, и Киевский Наводницкий мост должен был стать первым в мире мостом, сваренным автоматами. Проектировали металлоконструкции моста с учетом возможностей автоматической сварки. Изготовленные в июне 1941 г. первые

Процесс сварки балки моста в Днепропетровске на заводе им. В. И. Бабушкина





элементы сварного моста были отправлены в Киев. Однако в связи с началом войны работы были остановлены.

За годы Великой Отечественной войны в СССР было изготовлено около 12 тыс. т сварных мостовых конструкций, т. е. почти в восемь раз больше чем за тысячелетний довоенный период. Однако они отличались недостаточной прочностью и долговечностью. Вскоре во многих конструкциях были обнаружены трещины. Министерство путей сообщения в начале 1946 г. запретило применение сварки при изготовлении пролетных строений железнодорожных мостов.

К вопросам сварного мостостроения снова вернулись в 1946 г. в ИЭС им. Е. О. Патона. Был выполнен комплекс научно-исследовательских и конструкторских работ, значение которых для развития сварочной науки трудно переоценить. В 1946–1947 гг. были завершены 15 тем, в 1948 г. — следующие 10 тем. В результате были установлены причины хрупких разрушений, разработаны требования к сталям, подлежащим сварке, создана специальная сталь для мостов, улучшены составы флюсов и проволоки, создано простое и надежное оборудование. По результатам научных исследований, выполненных патоновцами, в журналах и на конференциях прошли дискуссии. При личном участии Е. О. Патона и под его руководством разрабатывают новые системы и эскизные проекты сварных прогонов. Несмотря на продолжающееся отрицательное отношение ряда специалистов к применению сварки, Е. О. Патон добился изготовления опытных пролетных строений через реки Снежить, Болтва и Неман и убедил оппонентов в надежности

предлагаемых технологий и конструкций.

С декабря 1951 г. начали изготовление балок для цельносварного моста через Днепр в Киеве. Е. О. Патону принадлежала ведущая роль в организации совместных работ Днепропетровского завода металлоконструкций, Министерства путей сообщения, Министерства коммунального хозяйства и многих других организаций, участвовавших в проектировании, изготовлении и монтаже киевского цельносварного моста. Несмотря на возраст и состояние здоровья, Евгений Оскарович лично контролировал качество заводских и монтажных работ. Он встречал первый состав с блоками, пришедший из Днепропетровска, организовал сварку первых монтажных стыков сотрудниками института и обучение строителей технологии автоматической сварки прямо на площадке. Объем автоматической сварки при монтаже был доведен до 88%. Благодаря организации поточности сборочных и сварочных работ продолжительность цикла монтажных операций в процессе строительства сокращалась. Летом 1953 г. монтаж огромного моста длиной 1543 м, состоящий из 24 пролетов, массой около 10 тыс. т уже завершался.

Евгений Оскарович Патон последний раз увидел панораму строительства моста в июне 1953 г. Крупнейший на то время в Европе цельносварной мост, построенный индустриальным методом почти со 100%-м применением автоматической сварки, был открыт 6 ноября 1953 г. Только трех месяцев не дожид Евгений Оскарович до его открытия. Постановлением Совета Министров УССР мосту было присвоено имя его создателя.

Так выглядит мост Патона с левого берега Днепра

● #381

Thermomelt®

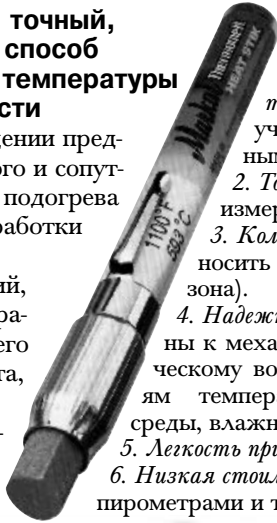
HEAT STIK™

TEMPERATURE INDICATOR

ТЕРМОИНДИКАТОРНЫЕ КАРАНДАШИ

Быстрый, точный, дешевый способ контроля температуры поверхности

при проведении предварительного и сопутствующего подогрева и термообработки сварных конструкций, металлообработки инструмента, механического оборудования.



Thermomelt® Heat Stik® – это:

1. *Возможность контроля* температуры на участках с ограниченным доступом.
2. *Точность* (погрешность измерения – до 1,5%).
3. *Компактность* (можно носить в кармане комбинезона).
4. *Надежность* (нечувствительны к механическому и электрическому воздействию, колебаниям температуры окружающей среды, влажности).
5. *Легкость применения*.
6. *Низкая стоимость* (по сравнению с пирометрами и термопарами).

Точность, которой можно доверять!

LA-CO®
Markal

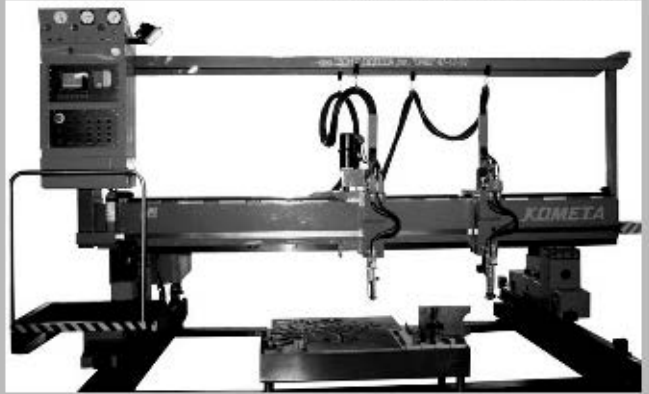
Официальный представитель
Thermomelt® Heat Stik® в Украине
«Экотехнология»
+380 44 495 2617 welder@svitonline.com

ОАО «ЗОНТ»



(завод оборудования наукоемких технологий)

тел. (0482) 471737, (048) 7156777, 7156940
факс (0482) 473536 e-mail: oaozont@te.net.ua
http://www.autogannash.com



- Машины для термической резки серии «Комета М»
- Машины для микроплазменной резки серии «Метеор»
- Переносные газорезающие машины серии «Радуга М»
- Системы ЧПУ для машин термической резки и станков
- Капитальный ремонт, модернизация машин термической резки с ЧПУ, комплектующие
- Запасные части для криогенного оборудования
- Теплообменники, насосы сжиженных газов для криогенного оборудования.



Предприятие
«Триада-Сварка»
г. Запорожье

Электрогазосварочное оборудование

Горелки к полуавтоматам

Электрододержатели

Пусконаладочные работы

Ремонт сварочного оборудования

Технологическая и полная комплектация сварочных производств

AVICOR
BINZEL

Fronius

SELMA



Тел. (0612) 33 1058, 34 3623, 13 2269, (061) 220 0079

E-mail: weld@triada.zp.ua

ДНЕПРСВАРКА

**Сварочное оборудование
Технические газы, смеси**

т. (044) 550-61-66
т. (044) 550-02-71
ф. (044) 553-64-42
dsvarka@kievweb.com.ua

- ✦ Резаки
- ✦ Горелки
- ✦ Редукторы
- ✦ Рукава кислородные Ø6, Ø9
- ✦ Генератор АСП-10 ацетиленовый
- ✦ Баллоны кислородные, пропановые, ацетиленовые
- ✦ Технические газы, смеси
- ✦ Трансформаторы
- ✦ Выпрямители
- ✦ Полуавтоматы и другое

ПРИШЕЛ УВИДЕЛ
КУПИЛ СВАРИЛ И ПОБЕДИЛ!

